



Universidade de Aveiro  
2018 / 2019

Departamento de Economia, Gestão,  
Engenharia Industrial e Turismo

**JOÃO VAZ  
RIBEIRO**

**AUMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA NUMA  
FÁBRICA DE MONTAGEM DE BICICLETAS**



**JOÃO VAZ  
RIBEIRO**

**AUMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA NUMA  
FÁBRICA DE MONTAGEM DE BICICLETAS**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Marlene Amorim, Professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho às pessoas de quem mais me orgulho, aos meus pais, à minha irmã e também aos meus avós que deram o melhor deles para que o futuro brilhe tanto para mim, como a forma que os olhos deles brilham quando olham para mim.

## **o júri**

presidente

**Professor Doutor José António de Vasconcelos Ferreira**

Professor Associado, Universidade de Aveiro

**Professor Doutor Jorge Manuel Soares Julião**

Professor associado da Faculdade Universidade Católica Portuguesa - Porto

Vogal (orientador)

**Professora Doutora Marlene Paula Castro Amorim**

Professora associada, Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

À Professora Doutora Marlene Amorim, pela orientação e apoio na elaboração desta dissertação.

À Engenheira Goreti Martins, pela orientação dada ao longo do decorrer de todo o projeto e por toda a partilha de conhecimento técnico.

Ao Doutor Luís Simões, pelos conselhos e acompanhamento de perto dos projetos a serem desenvolvidos.

A todos os meus amigos que estiveram presentes e que me apoiaram e me ajudaram a formar como a pessoa que sou hoje.

À Joana, que foi incansável no apoio e na ajuda durante o desenvolvimento da dissertação.

Um agradecimento especial aos meus pais por me proporcionarem as oportunidades que me permitiram chegar até aqui, por me terem criado uma base sólida de amor, integridade e carácter, tudo o que é necessário para realizar um sonho que é também vosso.

**palavras-chave**

abastecimento de postos de trabalho, balanceamento da produção, lean, monitorização, postos de trabalho

**resumo**

O presente documento descreve o trabalho realizado num conjunto de secções de montagem de bicicletas na empresa FJ Bikes Europe.

O trabalho desenvolvido envolveu a implementação de ferramentas de melhoria contínua no chão de fábrica, com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva destas secções. Para conseguir alcançar estes objetivos a metodologia utilizada contemplou o mapeamento e caracterização do processo produtivo, bem como o estudo de métodos de trabalho, para suportar o balanceamento entre secções. O trabalho desenvolvido permitiu melhorar o abastecimento de componentes, a capacidade produtiva e ainda implementar um sistema de monitorização da produção.

Este documento começa por apresentar a empresa onde decorreu o projeto, a FJ Bikes Europe, contextualizando o trabalho e os seus objetivos, e oferece depois um enquadramento conceptual a partir da revisão bibliográfica essencial ao trabalho desenvolvido. É também apresentada a descrição da situação inicial da empresa e das secções de montagem de bicicletas, de modo a identificar e caraterizar os desperdícios que, à data, existiam no sistema produtivo.

As alterações introduzidas tiveram impactos positivos na produção, nomeadamente na quantidade de bicicletas montadas diariamente, bem como na diminuição das movimentações e no acesso a dados cruciais da produção que passaram a permitir um maior apoio à tomada de decisão.

**Keywords** workcells supply management, production balancing, lean, monitoring, workcells

**Abstract** This document describes the work carried out on a set of bicycle mounting sections at FJ Bikes Europe.

The work involved the implementation of continuous improvement tools on the factory floor, in order to increase the productive capacity of these sections. In order to achieve these objectives, the methodology used included the mapping and characterization of the productive process, as well as the study of working methods, to support the balancing between sections. The work developed allowed to improve the supply of components, the productive capacity and also to implement a system of monitoring the production.

This document presents the company FJ Bikes Europe, contextualizing the work and its objectives, and offers a conceptual framework to the work from the essential bibliographical revision to the work developed. The description of the initial situation of the company and of the bicycle assembly sections is also presented, in order to identify and characterize the waste that existed in the production system at the time.

The changes introduced had a positive impact on production, in particular on the quantity of bicycles assembled daily, on the decrease of movements and access to crucial production data that aid in decision making.







# Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Introdução .....   | 2  |
| 1.1. Objetivos e Metodologia .....  | 4  |
| 2. Enquadramento conceptual do projeto .....                              | 6  |
| 2.1. A história do lean manufacturing .....                               | 6  |
| 2.2. Filosofia e Conceitos Lean .....                                     | 8  |
| 2.2.1. Os 7 desperdícios.....   | 8  |
| 2.2.2. Pilares do Toyota Production System.....                           | 10 |
| 2.2.3. Cadeia de valor .....  | 11 |
| 2.2.4. Push e Pull .....  | 13 |
| 2.3. Balanceamento de linhas de montagem.....                             | 17 |
| 2.3.1. Tipos de linhas .....  | 17 |
| 2.3.2. Balanceamento das linhas de montagem .....                         | 20 |
| 2.4. Ergonomia.....   | 22 |
| 2.5. Gestão Visual .....  | 24 |
| 2.6. Monitorização da produção .....                                      | 29 |
| 3. Contextualização e apresentação do projeto.....                        | 32 |
| 3.1.1. F J Bikes Europe .....   | 32 |
| 3.1.2. Portfólio de Produtos .....  | 36 |
| 3.1.3. Processo de Encomenda e Armazenamento.....                         | 40 |
| 3.1.4. Processo Produtivo .....   | 43 |
| 3.2. Âmbito e objetivos do projeto.....                                   | 56 |
| 3.3. Balanceamento dos setores de Pré-montagem, Montagem e Embalagem..... | 57 |
| 3.4. Melhorias no abastecimento.....                                      | 69 |
| 3.4.1. Impacto na produtividade .....                                     | 82 |
| 3.5. Monitorização da produção .....                                      | 86 |
| 3.5.1. Discussão dos resultados.....                                      | 93 |
| 4. Conclusões e propostas de trabalho futuro .....                        | 96 |
| 4.1. Conclusões do projeto.....   | 96 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 4.2. Trabalho futuro .....       | 97  |
| Referências Bibliográficas ..... | 102 |

# Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Os 7 tipos de desperdícios nos sistemas de produção.....                           | 8  |
| Figura 2 - Casa do Toyota Production System .....   | 11 |
| Figura 3 - Cadeia de valor. ....  | 11 |
| Figura 4 – Diagrama representativo de um sistema <i>push</i> .....                            | 13 |
| Figura 5 - Diagrama representativo de um sistema <i>pull</i> . ....                           | 14 |
| Figura 6 - Exemplo do funcionamento de um sistema Pull de Supermercado .....                  | 15 |
| Figura 7 - Exemplo de uma Heijunka Box.....   | 15 |
| Figura 8 - Diagrama representativo de um sistema Push CONWIP .....                            | 16 |
| Figura 9 - Linha básica reta.....   | 18 |
| Figura 10 - Linhas retas com múltiplos postos de trabalho .....                               | 18 |
| Figura 11 - Linha em forma de U .....   | 18 |
| Figura 12 - Linhas com uma transferência circular .....                                       | 19 |
| Figura 13 - Linhas de montagem únicos e múltiplos produtos .....                              | 21 |
| Figura 14 - Sistema de indicadores.....   | 30 |
| Figura 15 - Exemplo de um Dashboards.....   | 31 |
| Figura 16 - Logótipo da empresa FJ Bikes Europe.....  | 32 |
| Figura 17- Localização da fábrica em Taiwan e dos respetivos fornecedores .....               | 33 |
| Figura 18 - Unidade fabril da FJ Bikes Europe no Parque Empresarial do Casarão em Águeda..... | 34 |
| Figura 19 - Previsão do número de bicicletas montadas por ano na FJ Bikes Europe .....        | 35 |
| Figura 20 - Mapa europeu de exportações. ....   | 36 |
| Figura 21 - Bicicleta de estrada. ....  | 37 |
| Figura 22 - Bicicleta de montanha.....  | 37 |
| Figura 23 - Bicicleta híbrida ou de gravel. ....  | 38 |
| Figura 24 - Bicicleta dobrável. ....  | 38 |
| Figura 25 - Bicicleta elétrica. ....  | 39 |
| Figura 26 - Componentes que constituem uma bicicleta de estrada .....                         | 39 |
| Figura 27 - Representação do volume de bicicletas elétricas e convencionais produzidas. ....  | 40 |
| Figura 28 – Diferença nos processos de encomenda. ....  | 40 |
| Figura 29 - Fluxograma do processo do armazenamento do material. ....                         | 42 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 30 - Exemplo de como são criadas as WOs através das SOs.....   | 43 |
| Figura 31 - Sequência do processo produtivo .....   | 44 |
| Figura 32 - Quantidade de bicicletas elétricas vendidas na EU.....  | 45 |
| Figura 33 - (A) Linha de montagem (B) <i>Personal Stand</i> .....   | 46 |
| Figura 34- (A) Pré-montagem das rodas (B) Pré-montagem dos guidadores (C) Pré-montagem de selins (D) Pré-montagem de passagem de cabos .....  | 48 |
| Figura 35 – <i>Layout</i> da unidade industrial, que contém os postos de pré-montagens e a linha de montagem. ....  | 50 |
| Figura 36 – (A) Pré-montagem dos centros e movimentos pedaleiros (B) Pré-montagem de passagem de cabos e fixação de travões (C) Pré-montagem de corte de forquetas (D) Pré-montagem da união de quadros com guias e forquetas ..... | 50 |
| Figura 37 - <i>Layout</i> da unidade industrial, que contém todos os postos de pré-montagens, a linha de montagem e os PSs. ....  | 51 |
| Figura 38 - Esquema representativo dos vários sistemas de embalagem. ....   | 52 |
| Figura 39 - Embalamento na linha de montagem .....  | 53 |
| Figura 40 – (A) Local da inspeção das bicicletas; (B) Área de embalamento. ....   | 54 |
| Figura 41 – Sistema de embalamento D.....   | 55 |
| Figura 42 - Quantidade produzida por modelo, em percentagem, nos meses de janeiro e fevereiro de 2019. ....   | 58 |
| Figura 43 - Exemplo da lista de atividades executadas pelo operador do PS para montar uma bicicleta do modelo 1. ....   | 58 |
| Figura 44 - Diagrama de precedências da pré-montagem .....  | 61 |
| Figura 45 - Tempo de ciclo por posto de trabalho na pré-montagem .....  | 61 |
| Figura 46 - Comparação entre o tempo de ciclo e o takt time.....  | 63 |
| Figura 47 - Operações do operador 1 e o seu respetivo tempo, antes da implementação da melhoria.....  | 64 |
| Figura 48 - Alteração da ferramenta manual para uma ferramenta elétrica.....  | 65 |
| Figura 49 - Operações do operador 1 e a sua respetiva duração, após a implementação da melhoria.....  | 66 |
| Figura 50 - Comparação dos tempos do operador 1, antes e depois da implementação da melhoria.....   | 67 |
| Figura 51 - Balanceamento das secções da pré-montagem, montagem e embalamento.....  | 68 |
| Figura 52 - Desdobramento de uma SO em WOs.....   | 70 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 53 – Processo de separação das WOs. ....   | 70  |
| Figura 54 - Comparação do tempo que demora o processo de montagem e o processo de separação de componentes, de acordo com o número de bicicletas numa WO.....   | 72  |
| Figura 55 - Separação do material embalado para os PSs. ....  | 73  |
| Figura 56 - BOM de uma SO .....   | 75  |
| Figura 57 – Novo posto de trabalho para separação de componentes. ....  | 77  |
| Figura 58 - Separação do material, por SO, para a pré-montagem. ....  | 77  |
| Figura 59 – (A) Método de distribuição de material para os PS antes da implementação; (B) Método de distribuição após a implementação de ações de melhoria..... | 78  |
| Figura 60 - Lista de atividades desempenhadas pelos operadores dos PSs. ....  | 79  |
| Figura 61 - <i>Waste identification diagram</i> dos operadores dos PSs. ....  | 80  |
| Figura 62 - Exemplo de um suporte .....   | 81  |
| Figura 63 - Fila de espera de expositores para bicicletas prontas para embalar....  | 82  |
| Figura 64 - Número de bicicletas montadas diariamente entre fevereiro e abril de 2019.....  | 83  |
| Figura 65 - Número de bicicletas montadas em dias de produção contínua. ....  | 84  |
| Figura 66 – Folha de registo da produção. ....  | 87  |
| Figura 67 - Quadro de monitorização da produção do turno da manhã do dia 16/04/2019, para a marca A. ....   | 88  |
| Figura 68 – Percurso dos componentes desde o armazém até à embalagem. ....  | 90  |
| Figura 69 - Quadro de stocks intermédios .....  | 91  |
| Figura 70 - Comparação do número de operadores com o número de bicicletas montadas por dia. ....  | 93  |
| Figura 71 - Bicicletas planeadas vs bicicletas montadas. ....   | 94  |
| Figura 72 - Passo 1 do sistema <i>Kanban</i> . ....   | 98  |
| Figura 73 - Passo 2 do sistema <i>Kanban</i> . ....   | 99  |
| Figura 74 - Passo 3 do sistema <i>Kanban</i> . ....   | 100 |

# Índice de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Exemplos de ferramentas onde predomina a gestão visual. ....  | 24 |
| Tabela 2 - Vantagens e desvantagens da utilização de postos de montagem individuais ou linha de montagem. ....     | 47 |
| Tabela 3 - Exemplo da descrição de tarefas e contagem de tempos de um modelo da marca A. ....                      | 59 |
| Tabela 4 - Exemplo do cálculo do número mínimo de observações necessárias ...                                      | 60 |
| Tabela 5 - Balanceamento das operações.....  | 62 |
| Tabela 6 – Quadro resumo dos problemas identificados na separação dos componentes e os desperdícios que geram..... | 73 |

# Índice de Equações

|  |    |
|--|----|
| Equação 1 - Fórmula para calcular o número mínimo de observações necessárias ..... | 59 |
| Equação 2 - Fórmula para calcular o <i>takt time</i> . ....                        | 60 |
| Equação 3 - Fórmula para calcular o número mínimo de operadores necessários        | 62 |





# 1. Introdução

Num mercado cada vez mais global e competitivo, todos os dias há inovação e surgem novos desafios. Com o objetivo de se diferenciarem, as unidades industriais concentram-se em eixos de competitividade diferenciados e que podem incidir em elementos como a rapidez, os custos, a qualidade e a agilidade nas respostas que são capazes de oferecer aos seus clientes. Investir em melhorar a qualidade dos produtos e, em simultâneo, aperfeiçoar os processos produtivos é fundamental para uma organização se manter competitiva no mercado.

Devido à grande evolução da sociedade, os consumidores dos produtos cada vez tornam-se mais exigentes. Isto traduz-se em requisitos crescentes no que concerne à qualidade dos produtos, bem como na expectativa em relação às empresas serem capazes de oferecer soluções a preços competitivos.

Algumas das respostas que têm sido adotadas nos sistemas de produção para perseguir objetivos de melhoria da qualidade e de redução nos custos de produção estão associadas ao pensamento Lean, que consiste numa filosofia que tem como objetivo aumentar a produtividade das empresas diminuindo desperdícios e assente, em grande medida, na aplicação de métodos de melhoria contínua. Esta linha de pensamento e ação foca-se em conseguir colocar toda a empresa a trabalhar em conjunto no sentido de entregar aos clientes o que eles querem enquanto se elimina o desperdício no fluxo de valor e aos poucos se busca a perfeição (Liker & Morgan, 2006).

Este pensamento tem como objetivo fazer um aproveitamento máximo de todos os recursos disponíveis, e parte do princípio de que nenhum processo está otimizado a 100%. A meta é aumentar a produtividade recorrendo ao menor número de recursos possível, incluindo trabalhadores, esforço, tempo, equipamentos ou até espaço. Desta maneira consegue-se aumentar o valor enquanto se reduzem os desperdícios (Womack, Jones, & Wilson, 2017).

Nos dias de hoje, as empresas focam-se essencialmente em produzir com qualidade a quantidade necessária para tentar acompanhar a procura gastando o mínimo possível. Desta forma, procura-se eliminar no sistema de produção todas as atividades que não acrescentam valor para o cliente, ou seja, pelas quais não está disposto a pagar. A procura pelo balanceamento ajustado das linhas de produção ou de montagem de um determinado produto está alinhada com esta perspetiva Lean, na medida em que procura distribuir as tarefas necessárias à produção uniformemente, pelas estações de trabalho para que o tempo inativo dos trabalhadores ou das máquinas, i.e. dos recursos envolvidos, possa ser minimizado (Kumar & Mahto, 2013).

O balanceamento conjugado com a aplicação de ferramentas Lean, possibilita um leque de oportunidades para as empresas se tornarem mais competitivas. As empresas devem assim apostar em diminuir os desperdícios, minimizar o número de estações de trabalho e o tempo ocioso total, garantindo que o tempo inativo seja semelhante em cada estação de trabalho de forma a tornarem-se mais eficientes, como defende Filip (2011).

O projeto desenvolvido e apresentado neste documento, apresenta a aplicação de diferentes metodologias e ferramentas Lean num contexto produtivo específico, i.e. o de uma unidade fabril dedicada à montagem e venda de bicicletas, localizada na zona industrial da cidade de Águeda.

O trabalho desenvolvido envolveu, numa fase inicial, o estudo do processo produtivo e das suas operações, especificamente das operações de montagem das bicicletas, e os abastecimentos dos respetivos materiais e componentes. Apesar da unidade fabril dispor, à data do trabalho, de diferentes tipos de processos de montagem, incluindo uma linha de montagem, e postos de montagem individuais, o trabalho desenvolvido focou-se apenas num destes subsistemas, os postos de montagem individuais onde as bicicletas são integralmente montadas por apenas um operador. O trabalho desenvolvido envolveu, para além do mapeamento das atividades e identificação dos abastecimentos do processo produtivo, o balanceamento dos recursos de forma a usá-los devidamente. Adicionalmente, e de modo a dar resposta ao objetivo de aumentar a capacidade produtiva do processo em análise, foram implementadas melhorias no abastecimento dos postos de trabalho. Foi ainda desenvolvido um sistema de monitorização da produção.

## 1.1. Objetivos e Metodologia

Com a introdução de uma nova gama de produtos nos postos de montagem individuais verificou-se alguns problemas, entre os quais, *lead times* elevados, um balanceamento desajustado dos setores envolvidos, um fluxo de materiais indefinido e complexo, que geravam níveis de produtividade reduzidos.

Neste contexto, surge o presente projeto cujo principal objetivo é o aumento da capacidade produtiva dos postos de montagem individuais. Para além disto, visa a criação de um fluxo contínuo dos materiais, bem como a padronização dos procedimentos de abastecimento dos diferentes setores de trabalho.

Para isso, numa fase inicial, foi necessário compreender a importância da aplicação de metodologias Lean *Manufacturing*, num contexto de um sistema de produção focado nas operações de montagem, através de uma vasta pesquisa da literatura académica. De seguida, procedeu-se ao mapeamento e cronometragem de todas as operações desde a desembalagem dos componentes até à expedição do produto acabado. Através de um estudo de tempos, foi possível realizar o balanceamento dos processos produtivos com o auxílio de métricas Lean.

Numa segunda fase, foram observados os procedimentos de abastecimento e identificados diversos fatores que reduziam a produtividade dos operadores. De seguida, foi desenvolvido um plano de ação que resultou na criação de um novo posto de trabalho, onde ocorre a separação dos diversos componentes, que serão posteriormente distribuídos pelos diversos postos.

A última fase consistiu na monitorização da produção. Para isso, foi criada uma ferramenta que permite registar o número de bicicletas produzidas por hora e por operador. Com o auxílio desta ferramenta, foi possível tornar visível para todos os colaboradores, as diferenças entre a produção planeada e a efetiva. Através da gestão visual, foi possível também controlar os *stocks* intermédios dos diferentes postos de trabalho.



## 2. Enquadramento conceptual do projeto

Neste capítulo, é apresentado um enquadramento teórico, abordando alguns temas defendidos pela filosofia Lean e que foram relevantes para a condução das atividades do projeto.

### 2.1. A história do lean manufacturing

O pensamento Lean tem origem do *Toyota Production System*, também conhecido como TPS, e pode ser encontrado nas *shop-floors* de fábricas japonesas, em particular, nas inovações da *Toyota Motor Corporation* (Shingo, 1981, 1988; Monden, 1983; Ohno, 1988 apud Hines, Holwe, & Rich, 2004). Essas inovações resultaram de uma escassez de recursos e de uma intensa competição interna no mercado automobilístico japonês, e incluem sistemas produtivos como *just-in-time* (JIT), o método *kanban* e a produção em sistema pull (Hines et al., 2004).

Após a segunda guerra mundial, que ocorreu entre 1939 e 1945, a economia do Japão estava completamente destruída. Como é referido por Holweg (2007), a Toyota deparou-se com grandes dificuldades financeiras e ainda com um grande volume de *stock* que não conseguia escoar.

O TPS surgiu na Toyota sob o comando de Taiichi Ohno. Inicialmente ele identificou duas grandes falhas no sistema produtivo da empresa que estariam a ser corrosivas e a travar o sucesso da empresa automóvel. A primeira era que a produção de componentes em grandes lotes resultava em grandes quantidades de *stock*, o que imobilizava uma dispendiosa quantidade de capital, espaço de armazém e poderia resultar num elevado número de defeitos. De acordo com Holweg (2007), a segunda falha era a incapacidade de conseguir oferecer ao mercado produtos diversificados.

Taiichi Ohno desenvolveu o TPS para a fabricação de motores automotivos durante a década de 1950, aplicando diferentes técnicas a toda a montagem de veículos na década de 1960, e mais tarde a toda a cadeia de abastecimento. Foi somente nesse último ponto que os manuais foram produzidos e os “segredos” do TPS foram partilhados com outras empresas independentes da Toyota pela primeira vez. Estes manuais foram escritos na língua japonesa e demorou mais de dez anos até à primeira literatura estar disponível na língua inglesa (e.g. Shingo, 1981; Schonberger, 1982; Hall, 1983; Monden, 1983; Sandras, 1989 apud Hines et al., 2004). Apenas em 1991, o livro “*The Machine That Changed the World*” definiu o TPS como Lean pela primeira vez.

O pensamento Lean é bastante abrangente e pode ser abordado sob vários pontos de vista, verificando-se diferenças nas diversas definições encontradas. Segundo Melton (2005), esta linha de pensamento deve ser aplicada no processo de fabrico da indústria e

deve-se focar essencialmente na eliminação de desperdícios do processo, chegando mesmo a constatar que apenas 5% das atividades realizadas acrescentam valor na manufatura. No entanto, segundo o mesmo autor, só se adota realmente uma postura Lean quando a eliminação destas atividades é conjugada com uma forte cadeia de abastecimento. Segundo Sartal, Martinez-senra, & Cruz-machado (2018), as práticas Lean estão associadas ao aumento da competitividade, uma vez que reduzem o inventário e aumentam tanto a quantidade de *output*, como a qualidade da produção. Os autores Porsche, Roos, & That (1996) referem que, segundo um dos criadores do TPS, *Taiichi Ohno* todo o pensamento industrial deve começar por diferenciar o que é entendido como valor para o cliente a partir do *muda* (termo japonês para desperdício). Melton (2005) tem uma definição bastante precisa do que é a aplicabilidade do pensamento Lean, o literato afirma que é uma ferramenta que ajuda a identificar o que acrescenta valor, a eliminar o desperdício e a gerar fluxo. Estes valores geram vantagens como a diminuição do *lead time* dos processos, redução do *stock* necessário e uma melhor gestão do conhecimento.

As organizações que implementaram o pensamento Lean na sua identidade vieram-se a destacar em relação às empresas tradicionais que estavam orientadas para uma produção massificada. Por isso, anos mais tarde, os fabricantes ocidentais começaram também a adotar estas técnicas. No entanto, estas técnicas requerem um envolvimento total e dedicação das organizações, o que torna por vezes o processo de adaptação difícil, resultando num decréscimo da percentagem geral de sucesso em relação ao desempenho global do sistema (Strategies, 2001).

Após 1990, ocorreu uma diversificação deste pensamento para além do *shop-floor*. O pensamento Lean começou a espalhar-se pelas diversas áreas de atividade fabris e até mesmo, para outros setores de negócio. Segundo Hines et al. (2004), esta filosofia dedica-se à identificação das operações que acrescentam valor para o cliente, fazendo a coordenação do fluxo de valor, desenvolvendo capacidades na produção de *outputs*, aplicando o sistema *pull* e aos poucos, caminhar em direção da perfeição reduzindo os desperdícios no sistema produtivo. Estes princípios direcionam-se para o aumento da eficiência e diminuição de erros, que se podem transpor para outras áreas e com elas crescer, tornando esta filosofia mais sólida e perdurável.

O pensamento Lean pode mesmo ser aplicado à vida pessoal, com o objetivo de aumentar a produtividade e organização. Witt, Sandoe, & Dunlap (2018) conduziram um estudo com um grupo de alunos universitários. O estudo consistiu na aplicação da ferramenta 5S em tarefas banais da sua rotina diária, chegando à conclusão que é uma metodologia muito útil, podendo ser aplicada praticamente a todas atividades diárias.

## 2.2. Filosofia e Conceitos Lean

### 2.2.1. Os 7 desperdícios

Como é citado por Ohno (1978) no seu livro *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, os desperdícios são todas as atividades que consomem recursos, mas não aumentam o valor que o cliente irá pagar pelo produto que está a ser produzido.

Com o intuito de identificar os diferentes desperdícios de uma empresa, é necessário conhecer bem todos os processos envolvidos na produção e identificar quais são os que agregam valor para o cliente e quais destes são desperdícios.

Hines & Taylor (2000), Pinto (2009) e Pinto (2010) corroboram com a teoria inicialmente apresentada por Shigeo Shingo e identificam 7 principais tipos de desperdícios, apresentados na Figura 1.



Figura 1 - Os 7 tipos de desperdícios nos sistemas de produção (adaptado de Hines & Taylor, 2000).

- 1. Sobreprodução** – Produzir em excesso, *just-in-case* (que é o contrário de *just-in-time*) ou demasiado cedo, pode resultar em excesso de inventário que por sua vez, reflete-se num aumento do custo de posse de artigos em *stock*. A sobreprodução é o pior de todos os desperdícios, uma vez que é o embrião para todos os outros.
- 2. Defeitos** – Este desperdício consiste no retrabalho ou produção de material que é considerado sucata, e que geram, para além de custos à empresa, um aumento da espera para o posto subsequente e aumento do *lead time* do produto. Os defeitos prejudicam a reputação da empresa, uma vez que a má qualidade dos produtos origina reclamações por parte dos clientes, reparações e inspeções. Tudo isto são custos acrescidos e afetam negativamente a produtividade da empresa.
- 3. Inventário desnecessário** – O inventário em excesso é, muitas vezes, o fator de insucesso das organizações. As principais causas de inventário desnecessário são a sobreprodução, a ideia de que *stock* é um ativo da empresa, o tempo excessivo de *setup*, a existência de processos gargalo na produção e a existência de variados



ritmos de trabalho entre os diferentes postos (processos indevidamente balanceados).

Uma consequência de elevados níveis de *stock* é o incremento no valor do produto, devido a ocupar espaço de armazém e desta forma obrigar a mais documentação, representando assim maiores custos para a empresa.

A solução apresentada pelos autores para eliminar o excesso de *stock* é a implementação de modelos de produção *pull* (produzir de acordo com a procura), balancear as atividades produtivas e reduzir os tempos de *setup*.

4. **Processos inadequados** – Este desperdício está relacionado com os processos ou máquinas que não possuem qualidades capazes. Um processo que seja considerado capaz significa que utiliza métodos de produção corretos e recai sobre um padrão que não resulte em peças defeituosas. Para além disto, qualquer processo do sistema produtivo que não acrescente valor para o cliente, é um desperdício. O surgimento deste desperdício muitas vezes acontece por falta de formação dos operadores ou por falta de padronização dos procedimentos dos postos de trabalho.

Ferramentas danificadas, processos não controlados, manuseamento indevido de instrumentos de trabalho, maus acabamentos e uma fraca gestão são outros exemplos de desperdícios relativos a processos inadequados.

5. **Transportação excessiva** – Este desperdício refere-se a todas as movimentações desnecessárias de produtos ou partes dele, de informação ou pessoas. O transporte ou as movimentações requerem espaço e representam um custo acrescido, tanto de transporte como de manutenção, aumento do tempo de produção e o aumento do risco de danificar os produtos.
6. **Esperas** – Este *muda* tem influência direta no fluxo. Este acontece quando o tempo não está a ser gerido de forma eficiente, correspondendo ao tempo total de espera de equipamentos ou pessoas. Este desperdício, pode ocorrer devido a um mau balanceamento dos processos produtivos, a fluxos que contenham obstruções, a um *layout* mal concebido ou até mesmo devido a atrasos nas entregas dos fornecedores.
7. **Movimentos desnecessários** – Os movimentos desnecessários referem-se a todos os movimentos executados que não acrescentam valor para o cliente. Os postos de trabalho devem ser adequados às operações a executar nos mesmos, caso contrário desrespeita a ergonomia dos operadores, o que resulta em piores desempenhos e eleva os riscos de lesão. Todas as operações que obriguem os operadores a girar, a dobrarem-se, a esticarem-se, a movimentarem-se para ver melhor resulta numa menor produtividade e pode aumentar os problemas a nível da qualidade do produto. A má organização do local de trabalho também é um grande propiciador deste muda que tanto afeta a saúde e segurança no trabalho.

Como é referido por Ohno (1988), é indispensável olhar para o espaço temporal desde o momento em que é gerado um pedido até ao momento em que o cliente recebe o produto ou serviço e tentar minimizá-lo ao eliminar os desperdícios.

Atualmente já é possível encontrar na literatura outros tipos de desperdícios. Way et al. (n.d.) refere a existência de um oitavo *muda*, o **desperdício da criatividade e potencial humano** que, segundo Ohno (1988), um dos objetivos do TPS é “criar pessoas pensantes” pois estas são o recurso mais valioso. Assim, torna-se crucial envolver os colaboradores e incentivar a participação dos mesmos. O tempo despendido a ouvir as suas ideias e propostas de melhoria pode gerar elevados ganhos financeiros e melhorar significativamente a eficiência dos processos.

## 2.2.2. Pilares do Toyota Production System

A filosofia do TPS tem como base as popularmente conhecidas como “melhores práticas”. Estas estão sintetizadas na denominada “casa do TPS”, desenvolvida por Fujio Cho com o intuito de facilitar a sua compreensão.

A casa pretende, de forma metafórica, demonstrar a estabilidade do TPS se os seus pilares forem seguidos e, bem como revelar, através do telhado, os objetivos passíveis de atingir seguindo esta filosofia.

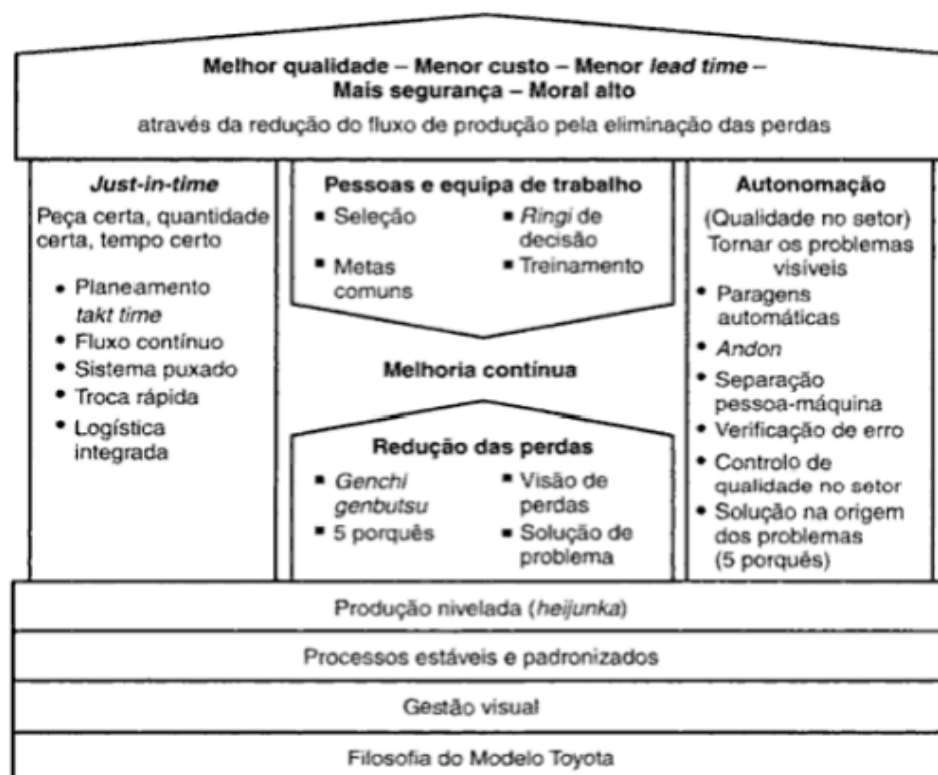


Figura 2 - Casa do Toyota Production System (Adaptado de Fernando, n.d.)

Os dois principais pilares do TPS são o *Just in Time* e a Automação, apoiados sobre uma base constituída por uma produção nivelada, processos estáveis e padronizados e com elevada gestão visual. No interior da casa estão as pessoas e equipas de trabalho que, segundo esta filosofia, devem sempre caminhar no sentido da melhoria contínua e na redução de desperdícios.

Como é referido por Steel & Members, (2000), a casa do TPS deve estar assente numa base extremamente estável, caso contrário, uma máquina responsável por uma operação crucial que esteja temporariamente inativa, rapidamente se propagará por todo o fluxo de valor.

### 2.2.3. Cadeia de valor

Segundo Kaplinsky & Morris (2000), a cadeia de valor (Figura 3) são todas as atividades necessárias desde que um produto ou serviço é concebido, passando pelas diversas etapas de produção, desde a transformação física e entrada de vários serviços de produção até à entrega aos consumidores finais.



Figura 3 - Cadeia de valor (Adaptado de Canaver, 2012).

A análise da gestão da cadeia de abastecimento desempenha um papel crucial na compreensão das necessidades da empresa e na descoberta de como a empresa se pode manter sistematicamente competitiva. Torna-se essencial através desta análise, a identificação e a eliminação de desperdícios presentes na cadeia de valor, uma vez que apenas desta forma é possível conhecer o verdadeiro valor da mesma. Este balanço deve ser realizado em todas as etapas da cadeia de valor com o objetivo de eliminar os tempos e operações desnecessárias, técnicas de trabalho desajustadas ou referências de qualidade que não estejam conformes.

Na análise da totalidade da cadeia de valor, podem ser identificadas três tipos de atividades: atividades de valor acrescentado (5%), atividades necessárias de valor não

acrescentado (35%) e por fim, atividades de valor não acrescentado (60%). As últimas são englobam desperdícios de tempo e recursos que devem ser eliminados (Hines & Taylor, 2000). Assim, a análise oferece uma perspectiva global que facilita a eliminação de processos que sejam considerados desperdícios e auxilia na melhoria do fluxo produtivo. (Kaplinsky & Morris, 2000)

O fluxo é um conceito bastante importante e a sua otimização consiste em balancear as operações de forma a criar uma sequência contínua, com tempos de operação semelhantes. Isto resulta na eliminação de tempos de espera elevados e de *stocks* intermédios entre as várias fases do processo.

Um fluxo otimizado diminui o *lead time*, facilita o acompanhamento do processo produtivo e favorece a resolução dos problemas no momento. As vantagens de ter um fluxo que seja fluido são:

- O próprio controlo da qualidade pode ser realizado, assinalando todo o produto não conforme (o problema deve ser resolvido de imediato para retornar a produzir produtos conformes);
- Diminuição do *lead time* dos equipamentos, que leva a uma maior flexibilidade na produção para fazer trocas nos modelos a produzir. Facilita também, com a rápida troca de modelos, uma rápida resposta às mudanças na procura dos clientes e às suas necessidades;
- Aumento da produtividade devido ao balanceamento do trabalho em cada etapa do processo, obrigando a que a cadência de produção seja semelhante e constante em todos os postos;
- Redução na ocupação do chão de fábrica uma vez que são necessárias menores quantidades de *stock*;
- Aumento da segurança uma vez que o risco de acidentes nos transportes é reduzido devido às menores quantidades de *stock*;
- Diminuição dos custos de *stock*, visto que este é eliminado ou reduzido.

A ocorrência de gargalos no processo produtivo é uma das principais causas da inexistência de fluxo. Segundo os autores Goldratt e Cox (2002), um constrangimento ou gargalo é “qualquer recurso cuja capacidade é igual ou menor que a procura do mercado imposta sobre ele”. Um processo produtivo pode conter diversos gargalos, no entanto o constrangimento com o maior tempo de processamento, define o ritmo de todo o sistema. Assim, quando se despende tempo no recurso gargalo significa que essa mesma quantidade de tempo será perdida em todo o sistema.

Os recursos gargalo, idealmente, trabalham sempre na sua capacidade máxima. Desta forma, na ocorrência de alguma situação que leve a que este recurso não seja capaz de produzir, a quantidade de produção perdida nesse tempo irá repercutir-se em todo o sistema produtivo, baixando o fluxo.

## 2.2.4. Push e Pull

Num sistema *push*, a produção é feita existindo ou não pedidos dos clientes, e produzido tanto quanto possível até lotar o armazém. Pelo contrário, um sistema *pull* consiste em apenas produzir quando é realizado um pedido por um cliente. Este sistema não faz previsões das necessidades do mercado, e a produção apenas tem início após a realização da encomenda. Desta forma, realiza-se a produção *just-in-time*, ou seja, quando necessária, e na quantidade certa. O sistema *pull* elimina a aglomeração de *stock* de matérias-primas recebidas antes de serem necessárias para a produção, levando a uma redução do espaço necessário para armazenamento, bem como a quantidade de produto acabado em armazém (Melton, 2005).

Tradicionalmente, as fábricas regem-se por sistemas *push*, caracterizados por uma produção massificada e iniciada antes que haja encomendas de clientes, na expectativa de que eventualmente, a procura aumente e que os produtos acumulados em *stock* sejam escoados.

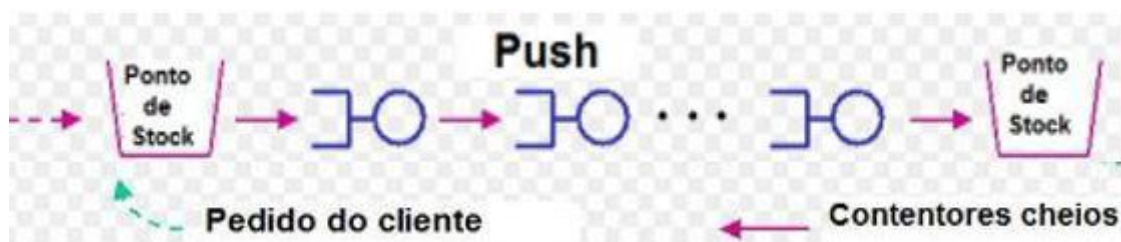


Figura 4 – Diagrama representativo de um sistema *push* (Adaptado de Industrial, 2014).

Visto que este sistema produtivo tem como base uma previsão de vendas, torna-se muito suscetível a falhas. Uma previsão é uma tentativa de prever algo futuro, interpretando indícios e sinais, porém, há sempre fatores que não são possíveis de considerar que podem alterar as expectativas das vendas. Estas variações, aliadas ao facto de as previsões serem utilizadas ao longo de toda a cadeia de abastecimento, origina um conjunto de desperdícios ao longo da cadeia sob a forma de *stocks*. Através da filosofia *push*, os recursos são utilizados ineficazmente visto serem utilizados, por vezes prematuramente. Pelo contrário, também é conhecida pela gestão de “combate de fogos”, caracterizada por elevados níveis de *stocks*, falta de flexibilidade e ainda problemas de qualidade.

Ao contrário do sistema *push*, o sistema *pull* é iniciado pelo cliente. Assim, o sistema produtivo rege-se pelos consumos reais dos consumidores. Este sistema produtivo foi desenvolvido com o objetivo de combater as ineficiências do sistema de produção *push*. O seu funcionamento consiste num fluxo de informação paralelo ao fluxo de materiais,

contudo no sentido oposto, sob a forma de algum tipo de símbolo visual, normalmente denominado *Kanban*.

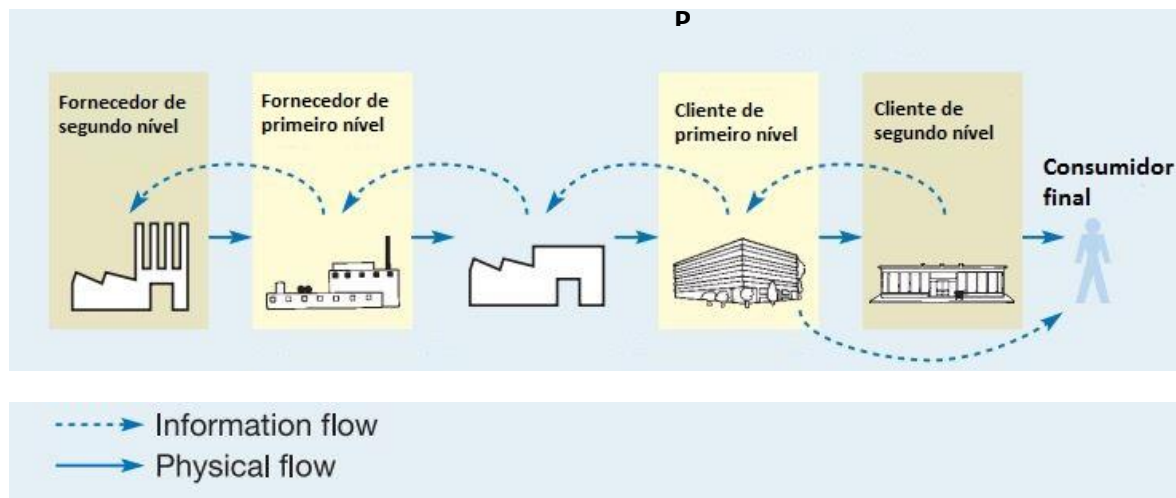


Figura 5 - Diagrama representativo de um sistema *pull* (Adaptado de Slack & Johnston, n.d.).

Através da Figura 5, é possível observar que num sistema puro de *pull*, cada posto “puxa” o posto precedente, num efeito em cadeia, até ao fornecedor de maior nível. Para além da redução da quantidade de *stock* acumulado em cada estação, este sistema permite a introdução de sistemas transparentes e autorregulados que facilitam, tanto o planeamento, como o controlo de produção. Desta forma, a gestão de “combate de fogos”, que caracteriza o sistema *push*, é evitada, optando-se por sistemas de gestão visual intuitivos. Existem 3 tipos principais de sistemas *pull*, descritos de seguida:

- O sistema supermercado é o mais básico sistema *pull*. Neste sistema é necessária a existência de um supermercado no final de cada processo ou etapa produtiva. Este tem como finalidade o armazenamento de uma determinada quantidade de cada produto, de forma que a produção anterior apenas trabalhe até repor todo o material no supermercado. Este método, quando bem implementado, permite uma fácil gestão visual dos *stocks*, sendo a sua principal vantagem a facilidade de uso e implementação, que é a razão do seu sucesso. Quando um produto é retirado do supermercado, é colocado em circulação um *kanban* para que, por sua vez, “puxe” o processo anterior. As principais desvantagens deste sistema são a elevada ocupação do chão de fábrica, existência de *stocks* intermédios exigidos que podem ser incomportáveis quando se trata de uma elevada diversidade de produtos ou ainda, a incapacidade da fábrica de manter determinados níveis de *stocks* constantes.

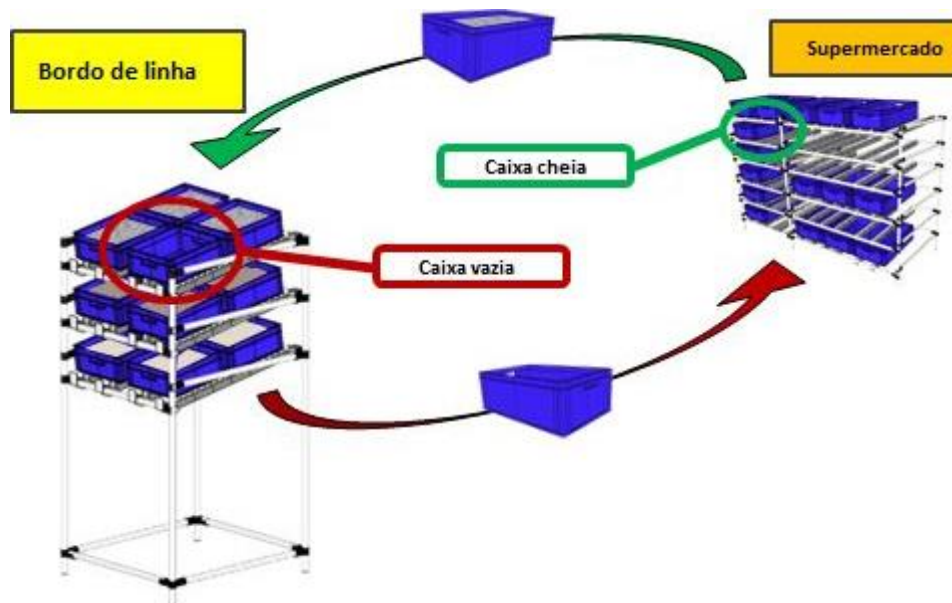


Figura 6 - Exemplo do funcionamento de um sistema Pull de Supermercado (Retirado de: [http://www.4lean.net/wp-content/uploads/2017/02/4\\_lean\\_tools\\_2\\_bin\\_system\\_en.png](http://www.4lean.net/wp-content/uploads/2017/02/4_lean_tools_2_bin_system_en.png) )

- O segundo tipo de sistema *pull* é conhecido por *pull* sequencial. Este é o mais aproximado do modelo puro de *pull*. Este sistema minimiza os *stocks* visto que, os produtos são fabricados de uma forma sequencial em relação ao consumo do cliente. Este sistema cria uma elevada pressão para ter um padrão de procura estável. Ainda para o bom funcionamento deste sistema, é necessária uma forte liderança, tanto para manter a eficácia do processo, como para diminuir os *lead times*. Uma ferramenta vulgarmente utilizada neste tipo de sistema *pull* é o *Heijunka Box* (Figura 7) que, de uma maneira intuitiva, ao colocar os *kanbans* no quadro, permite também planear a produção.

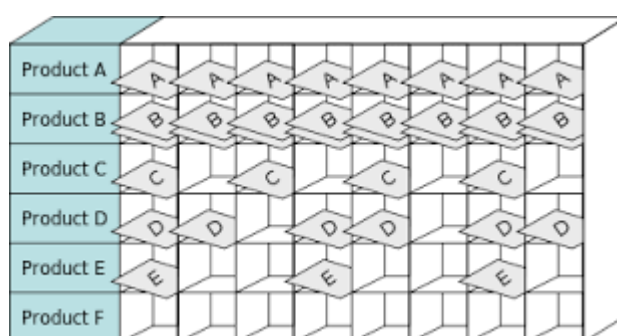


Figura 7 - Exemplo de uma Heijunka Box (Retirado de: <data:image/png;base64,iVBORw0KGgoAAAANSUHEUgAAATUAAACjCMAAAADciXncAAAAzFBMVEX///+64OPq6urr6+vu7u51dXXA5+rx8fWcHBYWFiGhoaVIZXm5ubh4eGKior29vYAADQ0NBOXl6xsbHa2tqdnZ17e3u7u7uHh4epzdDCwsJKSkqXl5cVFRWgoKCPj4/lyMhfX193j>)

Para manter um sistema *pull* sequencial é crucial manter um fluxo contínuo ao longo do processo produtivo, ou seja, cada secção tem de produzir sequencialmente os produtos que lhes são entregues numa ordem *First In First Out* (FIFO).

- Por último, refere-se a existência do designado *pull* misto. O funcionamento deste sistema, tal como o nome indica, conjuga os dois sistemas *pull* apresentados anteriormente. Pretende-se, através deste sistema, que os produtos sejam categorizados em “A”, “B” ou “C”, de acordo com o princípio de Pareto (80-15-5), face à sua frequência de produção. Após a categorização dos produtos, aplica-se quer o sistema *pull* sequencial, quer o sistema *pull* de supermercado, seletivamente a cada tipo de produto, de modo a obter as vantagens de ambos os métodos. Este sistema é especialmente eficiente quando a regra 80-15-5 é aplicável, mas exige também, uma forte liderança devido às dificuldades adicionais de conduzir eventos *kaizen* (melhoria contínua) neste ambiente.

Além dos tipos clássicos de sistema *pull* descritos, existem diversas variantes, entre as quais se destaca: o CONWIP (*Constant Work in Process*), também conhecido por *Long Pull System*. Apesar do CONWIP ser vulgarmente considerado uma variação do sistema *pull*, o modelo é na verdade um híbrido dos sistemas *push* e *pull*, cuja principal vantagem é a facilidade de implementação.

Este sistema apresenta semelhanças com o processo *pull* puro visto que só é dada uma ordem de produção quando o cliente “puxa” um produto. A diferença prende-se com o facto de a informação não funcionar em sentido contrário, de estação em estação, mas do cliente. Neste sistema a informação flui diretamente até ao fornecedor de nível superior, funcionando ao longo da cadeia como um sistema *push*, na medida em que a produção é “empurrada” para a estação seguinte. A vantagem do sistema WIP é estar controlado, no seu todo, como se pode verificar através da Figura 8.



Figura 8 - Diagrama representativo de um sistema Push CONWIP (Fonte: “2016 edition Industry & Market Profile”, 2016)



## 2.3. Balanceamento de linhas de montagem

Há variadas ferramentas Lean que podem ser aplicadas com o objetivo de reduzir desperdícios e melhorar continuamente. Nesta secção será descrita uma ferramenta utilizada neste projeto que é o balanceamento do processo de montagem.

Considerando alguns conceitos descritos acima, podemos concluir que o balanceamento de linhas está diretamente relacionado com a eliminação de desperdícios.

Um passo deveras importante para atingir um balanceamento eficaz é a identificação dos *mudas*, uma vez que estes são os maiores potenciadores de paragens no sistema originando atrasos em todo o processo. A identificação de desperdícios é um ponto de partida para a eliminação dos mesmos, que permitirá às organizações ganhos a nível de tempo e custos. Para além disso, a identificação dos desperdícios torna o sucesso do balanceamento mais perceptível. Após a identificação dos desperdícios e da quantificação do volume de produção, é possível tornar as distribuições das tarefas mais equilibradas criando um fluxo continuo e aumentando assim a produtividade dos trabalhadores.

### 2.3.1. Tipos de linhas

Devido à existência de diferentes tipos de linhas, serão apresentados de seguida os tipos de linhas utilizados mais frequentemente pelas organizações. Estas escolhem o tipo de linha que pretendem de acordo com a complexidade das operações que pretendem executar, bem como segundo o espaço que têm disponível para a implementação das linhas.

Dolgui & Battai (2013) afirmam que “o *layout* da linha define as regras para o processamento de tarefas nas estações de trabalho. No balanceamento de linhas, essas regras são levadas em conta, principalmente na forma de restrições de problemas”.

Nas linhas básicas retas, como podemos verificar através da Figura 9, cada peça percorre todas as estações de trabalho na ordem em que estão instaladas. A cada estação de trabalho são atribuídas um conjunto de tarefas executadas sequencialmente (Dolgui & Battai, 2013).

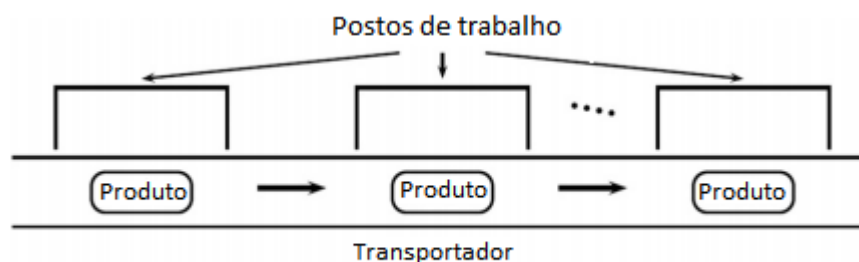


Figura 9 - Linha básica reta (Adaptado de Dolgui & Battai, 2013)

Nas linhas retas com múltiplos postos de trabalho, estes encontram-se alinhados, como é possível verificar na Figura 10. No entanto, em cada linha de trabalho existe um número de postos paralelos, uma serie de postos ou um posto com atividades mistas. Dolgui & Battai (2013) referem que os postos “são instalados de tal forma que, os trabalhadores ou peças de equipamento associados a cada local de trabalho podem executar simultaneamente, sequencialmente ou de forma paralela cada peça, respetivamente.”

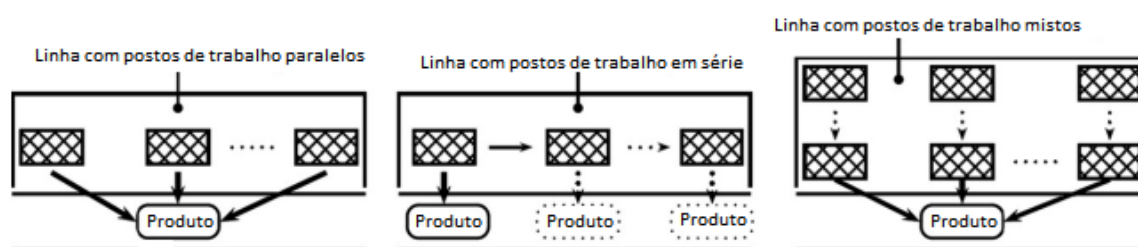


Figura 10 - Linhas retas com múltiplos postos de trabalho (Adaptado de Dolgui & Battai, 2013)

As linhas em forma de U têm a entrada e a saída no mesmo local sendo, de forma geral, manuais. Desta forma, os trabalhadores alocados no centro da linha, podem-se deslocar entre ambos os lados, como representado na Figura 11. Isto permite que o operador trabalhe em duas ou mais peças durante o mesmo ciclo. Com a utilização deste *layout*, vários subconjuntos de tarefas associadas a diferentes estações de trabalho são executadas pelo mesmo trabalhador. Cada tipo de linha utiliza modelos matemáticos para o balanceamento das mesmas. Nos modelos matemáticos da linha em forma de U, as restrições de precedência e tempo de ciclo não são tratadas da mesma maneira que as restantes linhas (Dolgui & Battai, 2013).

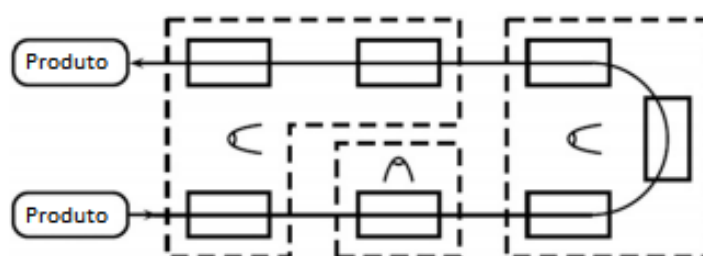


Figura 11 - Linha em forma de U (Adaptado de Dolgui & Battai, 2013 )

Nas linhas com transferência circular, as estações de trabalho são instaladas em torno de uma mesa giratória, como mostra a Figura 12, usada para carregar, descarregar e mover a peça de uma estação de trabalho para outra. Se apenas um lado da peça for tratado em cada estação de trabalho, e uma única volta for suficiente para concluir um

produto, essa configuração será equivalente a uma linha reta básica. Se vários lados da peça puderem ser tratados simultaneamente, essa configuração será equivalente a uma linha com vários locais de trabalho paralelos. Para o caso da transferência de várias voltas, o conjunto de tarefas atribuídas a uma estação de trabalho deve ser particionado nos diferentes ciclos correspondentes ao número de voltas da mesa (Dolgui & Battai, 2013).

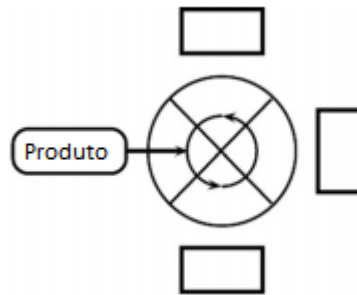


Figura 12 - Linhas com uma transferência circular

(Adaptado de Dolgui & Battai, 2013)

Outros autores, como Algeddawy & Elmaraghy (2011), publicaram alguns artigos de como se poderia fazer o balanceamento de linhas mais complexas como linhas assimétricas. Estas podem ser usados para adiar a diferenciação de produtos, a fim de manter uma configuração de linha comum para todos os produtos fabricados pelo maior tempo possível. Esta estratégia reduz os riscos associados ao aumento da variedade de produtos, mas o problema de balanceamento de linha correspondente deve ser resolvido em conjunto com um problema de otimização de *layout* para determinar a configuração final da linha (Dolgui & Battai, 2013).

Na mesma fábrica pode ocorrer uma conjugação de vários tipos de linha. Isto traz vantagens à empresa, tal como mais facilidade em ajustar a produção à procura e, em caso de ocorrência de falhas numa linha, a produção da empresa não necessita de parar na sua totalidade. O processo de instalar novas linhas pode ser realizado de forma gradual e conforme seja necessário.

Uma desvantagem de possuir diferentes tipos de linhas é o elevado custo de investimento comparado a uma única linha. Para além disso, pode resultar em consequências na produtividade do operador. Um ciclo de linha mais longo no caso de múltiplas linhas, enriquece o trabalho e aumenta a motivação. No entanto, pode limitar o efeito de aprendizagem, uma vez que a variação das operações realizadas por um operador aumenta. Assim, a decisão de escolha entre uma única linha com um tempo de ciclo curto ou diversas linhas com tempos de ciclo mais longos é complexa e deve ser considerada como parte de um processo de tomada de decisão integrado (Dolgui & Battai, 2013).

### 2.3.2. Balanceamento das linhas de montagem

Uma série de decisões fundamentais têm de ser definidas antes de iniciar um projeto de implementação de uma linha de montagem, tal como o projeto do produto, a definição de processos, a definição do *layout* e o balanceamento da linha. Devido à sua complexidade, estes problemas costumam ser ponderados individualmente e um de cada vez (Avikal, Jain, Mishra, & Yadav, 2013).

O principal objetivo do balanceamento das linhas é a distribuição das tarefas uniformemente pelos postos de trabalho de forma a que o tempo ocioso, dos operadores ou máquinas, possa ser minimizado. O balanceamento de linhas visa agrupar as instalações ou os operadores através de um padrão eficiente, a fim de obter um equilíbrio ótimo ou mais eficiente das capacidades e fluxos dos processos de produção ou montagem (Kumar & Mahto, 2013).

O balanceamento das linhas é uma técnica comum de otimização a nível de pesquisa operacional e possui uma elevada importância industrial no que diz respeito à filosofia Lean. A alocação de tarefas a cada operador é obtida pelo balanceamento da linha de montagem para aumentar a eficiência e a produtividade da mesma (Kumar & Mahto, 2013).

Segundo os autores Kumar & Mahto, (2013) existem três tipos diferentes de linhas de montagem:

- **Linha de montagem de modelo único:** Nos primórdios das unidades fabris, as linhas de montagem eram usadas na produção de elevadas quantidade de um único produto, características deste tipo de linhas de montagem.
- **Linha de montagem de modelo misto:** Neste tipo de linhas, o tempo de *setup* entre os diferentes modelos é diminuído o suficiente para ser ignorado. Assim, os operadores trabalham com diferentes modelos de um produto em simultâneo na mesma linha de montagem, numa sequência intermitente. No entanto, encontrar um balanceamento para a linha, em que todos os postos necessitem de tempos equivalentes e os mesmo utensílios para realizar o seu trabalho nos diferentes modelos é praticamente impossível. Desta forma, o modelo de montagem misto pode ser aplicado à linha desde que as tarefas e os diagramas de precedência de cada modelo sejam semelhantes.
- **Linha de Montagem Multimodelo:** Com o objetivo de reduzir o tempo e os custos de produção, este modelo é organizado por lotes que obriga a modificações nos equipamentos da linha entre cada lote (*setup*). A Figura 13 mostra os diferentes tipos de linha de montagem.

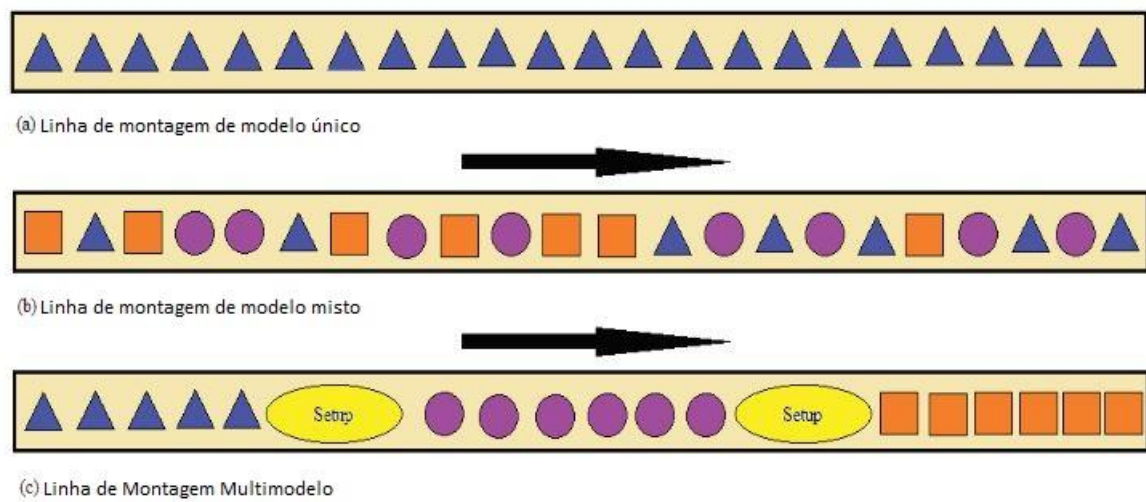


Figura 13 - Linhas de montagem únicos e múltiplos produtos (Adaptado de Kumar & Mahto, 2013)

O objetivo do balanceamento de uma linha de produção é minimizar as cargas de trabalho e os trabalhadores respeitando a quantidade de output desejado.

## 2.4. Ergonomia

Ergonomia é uma disciplina científica cujo objetivo é estudar as características laborais, de forma a adequar o local de trabalho e o equipamento ao trabalhador, gerando mais conforto, segurança, eficiência e produtividade.

Segundo Lida (2005), a ergonomia possivelmente começou na pré-história, quando o homem escolheu uma pedra que tivesse um formato que melhor se adaptasse à sua mão, para usá-la como arma e poder caçar para sobreviver.

O principal objetivo da ergonomia é desenvolver e aplicar técnicas de adaptação de elementos do ambiente de trabalho ao ser humano, com o objetivo de gerar o bem-estar do operador e consequentemente aumentar a produtividade.

De acordo com Lida (2005), analisar um posto de trabalho é apenas uma parte do sistema. A análise ergonômica do trabalho consiste em estudar a tarefa, a postura e os movimentos adotados para execução dessa tarefa, as imposições físicas e cognitivas e posteriormente, a correção das mesmas.

O autor Yeow (2011), avalia diferentes casos de estudos que relatam implementações de medidas ergonômicas praticadas em empresas de todo o mundo. O mesmo autor conclui que, quando as medidas são bem aplicadas, ocorre uma diminuição na taxa de peças defeituosas, melhorando assim a qualidade que resulta em ganhos financeiros.

Yeow & Nath (2003), para além de desenvolverem um estudo dos impactos da ergonomia na qualidade, focaram-se nas variações de produtividade. O trabalho realizado foi a remodelação de postos de trabalho, pensando na ergonomia dos trabalhadores numa empresa que realiza a montagem de circuitos impressos. Ao fornecer mais condições aos operadores e ao organizar o espaço de trabalho dos mesmo de forma mais ergonômica, que lhes permitia rápido e fácil acesso para executar todas as tarefas do seu trabalho, foi possível reduzir o tempo de ciclo destes, aumentando assim a sua produtividade.

Estes são alguns de muitos exemplos em que as mudanças ergonômicas efetuadas tornaram os processos mais eficiente. A ergonomia estuda vários fatores, tal como o comportamento humano no trabalho, que influenciam os processos de trabalho, entre os quais:

- Humanos: características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais do trabalhador. A influência do sexo, idade, formação e motivação;
- Máquinas: qualquer ajuda material que o homem utiliza durante a execução do seu trabalho, englobando assim os equipamentos, as ferramentas, o mobiliário e as instalações da empresa;

- Ambientais: estuda as características do ambiente que envolve o homem durante o trabalho, como a temperatura, o ruído, as vibrações, a iluminação, as cores, os gases e outros;
- Informação: refere-se às comunicações existentes entre os elementos de um sistema, as transmissões de informação, o processamento e a tomada de decisões;
- Organizacionais: são a conjugação dos elementos como os horários, os turnos de trabalho a formação dos trabalhadores, entre outros;
- Consequências do trabalho: engloba todas as questões relacionadas com controlo de tarefas, tais como inspeções, estudos de acidentes e de erros cometidos, além de estudos sobre a fadiga, stresse e gastos energéticos;

Assim, é possível afirmar que a ergonomia tem como objetivos práticos a segurança dos sistemas homem-máquina e homem-ambiente, conjugadas com o bem-estar e a satisfação individuais, a eficiência e a redução de produção de peças defeituosas. Estes objetivos são alcançados através da harmonização das ferramentas, dos equipamentos e dos sistemas com as características humanas.

## 2.5. Gestão Visual

De acordo com Michael Greif (1989), a gestão visual é uma poderosa forma de fazer com que a informação flua eficazmente e rapidamente dentro de uma empresa, alinhando os esforços de todos os colaboradores com as estratégias e os objetivos globais da empresa.

A principal razão que leva uma organização a utilizar informações visuais é que esta é facilmente processada por uma grande parte dos neurotransmissores que o cérebro possui. Quando é aplicada gestão visual, uma técnica Lean, num ambiente profissional, o objetivo é que qualquer pessoa seja capaz de interpretar uma situação e reagir corretamente de forma rápida, precisa, adequada e autónoma. A utilização de diagramas, fotografias e representações visuais dos processos são as formas mais fáceis de conseguir que as pessoas percebam o que é pretendido.





Os colaboradores de uma empresa comportam-se como uma equipa, ou seja, é necessário trabalharem no mesmo sentido por forma a atingir os objetivos pretendidos. Por isso, é essencial a implementação de um sistema transparente de gestão visual para a equipa, pois é fulcral que todos fiquem a par do estado global das operações, passando assim a estar envolvidas, motivadas e participativas.





Na Tabela 1 encontram-se listados alguns exemplos de técnicas usadas pela gestão visual em 5 diferentes áreas:





Tabela 1 - Exemplos de ferramentas onde predomina a gestão visual.


| Designação        |        | Função/Definição   | Exemplo  |
|-------------------|--------|--|--|
| Local de trabalho | Placas | A existência de placas visíveis no <i>shop floor</i> garante que a informação é transmitida aos colaboradores ou visitantes. |  <p>Fonte: <a href="http://www.franmetal.com.br/imagens/servicos/placas-sinalizacao.jpg">http://www.franmetal.com.br/imagens/servicos/placas-sinalizacao.jpg</a></p> |



|                            |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|
|                            | <p>Marcações da área de trabalho</p>                     | <p>A delimitação de áreas de trabalho e corredores permitem a boa organização do local de trabalho.</p>                |  <p>Fonte: <a href="https://www.google.pt/url?sa=i&amp;source=images&amp;cd=&amp;ved=2ahUKEwiV3_Ly1_zhAhWK5OAKHRTDA5oQjRx6BAgBEAU&amp;url=http%3A%2F%2Fmovimenta.pt%2Findex.php%3Fid_product%3D67%26controller%3Dproduct&amp;psig=AOvVaw1LC4Xotr2Pv2aU-TLrLnMI&amp;ust=1556880821415672">https://www.google.pt/url?sa=i&amp;source=images&amp;cd=&amp;ved=2ahUKEwiV3_Ly1_zhAhWK5OAKHRTDA5oQjRx6BAgBEAU&amp;url=http%3A%2F%2Fmovimenta.pt%2Findex.php%3Fid_product%3D67%26controller%3Dproduct&amp;psig=AOvVaw1LC4Xotr2Pv2aU-TLrLnMI&amp;ust=1556880821415672</a></p> |
|                            | <p>Quadros com “formas” de ferramentas</p>               | <p>Quadro de ferramentas que possui o contorno das mesmas, mantendo as respetivas ferramentas no seu devido lugar.</p> |  <p>Fonte: <a href="https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/a0/a0/ed/a0a0ed3ffa0478ec1e9082a69afb3ba3.jpg">https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/a0/a0/ed/a0a0ed3ffa0478ec1e9082a69afb3ba3.jpg</a></p>   |
|                            | <p>Identificação de equipamentos e áreas de trabalho</p> | <p>Quadro que identifica onde se situa cada área de trabalho.</p>  |  <p>Fonte: <a href="http://www.visualworkplaceinc.com/wp-content/uploads/2014/06/Hanging-Sign.jpg">http://www.visualworkplaceinc.com/wp-content/uploads/2014/06/Hanging-Sign.jpg</a></p>   |
| <p>Informações Visuais</p> | <p>Documentação de processos</p>                         | <p>Disponibilização dos processos e modelos visíveis no <i>shop floor</i>.</p>   |  <p>Fonte: <a href="http://cdn4.management-circle.de/wp-content/uploads/2015/12/Abbildung3.jpg">http://cdn4.management-circle.de/wp-content/uploads/2015/12/Abbildung3.jpg</a></p>   |

|                 |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|
| Controlo Visual | Como executar procedimentos              | A disponibilização de como executar tarefas junto dos postos de trabalho é uma excelente ajuda numa fase inicial até alcançar a rotina.  |  <p>Fonte: <a href="https://christianpaulsen62.files.wordpress.com/2011/07/slide1.jpg">https://christianpaulsen62.files.wordpress.com/2011/07/slide1.jpg</a></p>   |
|                 | Quadros de melhoria contínua             | Nestes quadros é onde se apresenta os tópicos a melhorar com possíveis soluções, pode também conter objetivos a longo prazo para motivação dos colaboradores.  |  <p>Fonte: <a href="http://www.visualworkplaceinc.com/wp-content/uploads/2014/06/Continuous-Improvement-Board.jpg">http://www.visualworkplaceinc.com/wp-content/uploads/2014/06/Continuous-Improvement-Board.jpg</a></p>   |
|                 | Informação sobre os diferentes processos | Disponibilizar o <i>value stream mapping</i> no <i>shop floor</i> permite entender os vários processos que ocorrem e ainda consultar informações como <i>takt time</i> , <i>lead time</i> e <i>overall equipment effectiveness</i> . |  <p>Fonte: <a href="http://www.lean.org/images/uploaded/huntvsm2.png">http://www.lean.org/images/uploaded/huntvsm2.png</a></p>   |
|                 | Cartões Kanban                           | A disposição dos cartões <i>kanban</i> num quadro permite identificar quais são os processos que estão disponíveis para começar, os que já estão em processo e os finalizados.   |  <p>Fonte: <a href="http://www.xtremelea.us/consulting/media/catalog/product/cache/1/image/800x600/0dfb309478a752b2d12d3024ca6ab681/k/a/kanban_boards.jpg">http://www.xtremelea.us/consulting/media/catalog/product/cache/1/image/800x600/0dfb309478a752b2d12d3024ca6ab681/k/a/kanban_boards.jpg</a></p> |

|                   |                                    |   |  |
|-------------------|------------------------------------|---|--|
|                   |                                    | Os <i>Andon</i> permitem a visualização do estado do equipamento, chamando a atenção se ocorrer algum problema.                         |  <p>Fonte: <a href="http://www.six-sigma-material.com/images/VisualManagementExampleAndon.jpg">http://www.six-sigma-material.com/images/VisualManagementExampleAndon.jpg</a></p>   |
| Desempenho Visual | Gráficos de qualidade e desempenho | Ao ser disponibilizada a informação gráfica relativa a índices de produtividade é possível ter uma ideia da evolução ao longo do tempo. |  <p>Fonte: <a href="http://cdn2.hubspot.net/hub/209590/file-23443037-jpg/images/board-resized-600.jpg?t=1469721101039">http://cdn2.hubspot.net/hub/209590/file-23443037-jpg/images/board-resized-600.jpg?t=1469721101039</a></p> |
|                   | Estado global das operações        | Quadro que disponibiliza a informação referente ao estado global de um processo.  |  <p>Fonte: <a href="http://www.dskglobalsolutions.com/wp-content/uploads/2013/11/Display-Image-4.jpg">http://www.dskglobalsolutions.com/wp-content/uploads/2013/11/Display-Image-4.jpg</a></p>                                 |
| Segurança Visual  | Informação de precauções           | Em todas as fábricas existem regras e precauções que devem ser tidas em conta, essas devem ser disponibilizadas de maneira visível.     |  <p>Fonte: <a href="http://www.multi-signs.com/images/galleries/Construction-signage/Hera-safety-Fencing%20(2).jpg">http://www.multi-signs.com/images/galleries/Construction-signage/Hera-safety-Fencing%20(2).jpg</a></p>     |

|  |                      |  |  |
|--|----------------------|--|--|
|  | Quadros de segurança | Os quadros de segurança são diferentes que as informações dispostas pelo <i>shop floor</i> , podem conter kit de primeiros socorros e informações essenciais a ter em conta em caso de alguma ocorrência |  <p>Fonte: <a href="http://www.visualworkplaceinc.com/wp-content/uploads/2014/06/Safety-Station.jpg">http://www.visualworkplaceinc.com/wp-content/uploads/2014/06/Safety-Station.jpg</a></p> |
|--|----------------------|--|--|

Apesar de várias ferramentas estarem exemplificadas na tabela acima, existem muitas outras que não foram referidas, pois para salvaguardar o devido interesse da dissertação, foi escolhido não sobrecarregar de exemplos existentes.

## 2.6. Monitorização da produção

Devido há competitividade que existe atualmente nas empresas, estas são forçadas a estarem constantemente em desenvolvimento de forma a manterem-se competitivas. De acordo com Luu & Kim (2008), a medição de desempenho é o coração da melhoria contínua. O principal objetivo da avaliação do desempenho é auxiliar a direção de topo e membros da organização no desenvolvimento da direção, tração e velocidade com que a sua organização se está a desenvolver.

Segundo os autores Hany Abd Elshakour M. Ali, Ibrahim A. Al-Sulaihi (2012), para medir o desempenho das empresas, é preciso numa primeira fase, estabelecer indicadores chave de desempenho (também conhecidos como KPIs), que sejam críticos para determinar o sucesso geral da empresa. Desta forma, os KPIs desempenham um papel fundamental no fornecimento de informações sobre o desempenho de tarefas, projetos e empresas.

Os autores Graham et al. (2015), definem KPI como técnicas de gestão que permitem uma monitorização de negócios eficaz e eficiente. Os KPI são geralmente reconhecidos como um conjunto de medidas que revelam o estado atual e críticas para o sucesso futuro de qualquer organização.

Na seleção dos KPIs, a organização deve garantir que estes concedem informações que são mensuráveis, exatas, confiáveis e úteis para a implementação de ações corretivas, quando o desempenho não está de acordo com os objetivos ou para melhorar a eficiência e eficácia dos processos. Para isso, de acordo com Neves (2012), os KPIs devem ter em conta:

- As necessidades e expectativas dos clientes e outras partes interessadas;
- A importância de cada produto para a organização, tanto no momento presente como no futuro;
- A eficácia e a eficiência dos processos;
- A utilização eficaz e eficiente dos recursos;
- A rentabilidade e o desempenho financeiro;
- Requisitos estatutários e regulamentares, quando aplicável.

Segundo a norma UNE 66175:2003, os objetivos advêm da visão e da estratégia da empresa. Segundo este ponto de vista, os objetivos podem ser divididos em níveis, em que cada indicador está associado um objetivo. Os objetivos do primeiro nível devem ser considerados gerais, devendo de seguida serem desdobrados em objetivos mais difíceis de atingir em níveis 2, 3, etc., que estão associados à gestão interna da organização. Ou seja, os objetivos estratégicos (nível 1) devem ser desdobrados em objetivos operacionais (nível 2, nível 3, etc.).

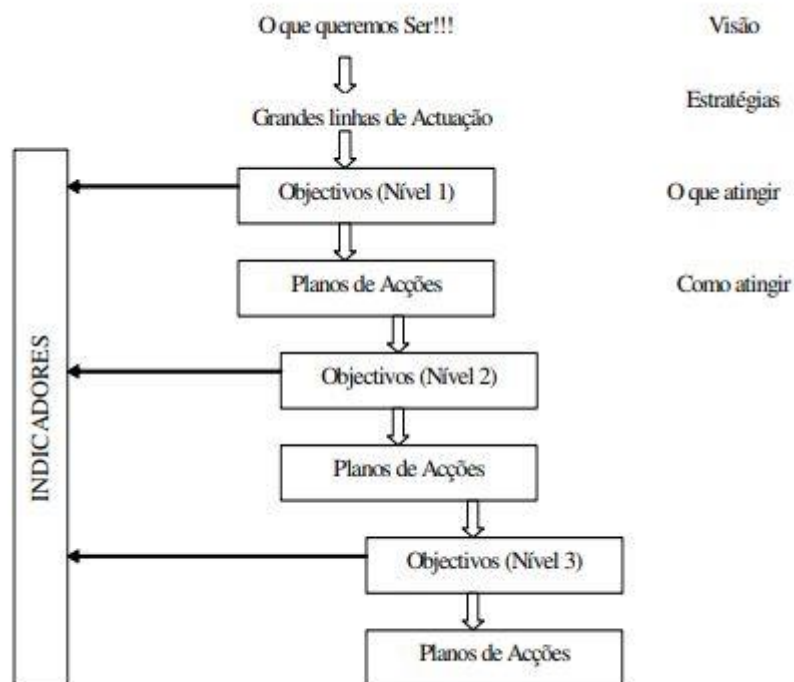


Figura 14 - Sistema de indicadores (Adaptado da norma UNE 66175:2003)

Na Figura 14, todos os objetivos estão ligados aos indicadores porque é através destes que é medido e representado o estado atual e que se reflete as perspetivas de futuro das organizações.

Para fazer a análise dos resultados reais com os objetivos deve ser utilizado um *dashboard* (Figura 15). Este é um instrumento de monitorização e controlo de gestão, onde é geralmente efetuada a comparação entre um determinado valor pretendido e o valor efetivamente realizado, permitindo assim a avaliação dos desvios relativamente aos objetivos fixados. Podem ser construídos *dashboards* para quaisquer áreas da gestão desde que os objetivos estejam fixados e quantificados. Para cumprir eficazmente as suas funções, o *dashboard* deve apresentar-se muito sintético, rápido e frequente. Este tem como objetivo a redução da incerteza da tomada de decisão ao filtrar a informação e contribui assim para um melhor controlo do risco.





Figura 15 - Exemplo de um Dashboards (Fonte: <https://www.supplychain-masters.fr/images/Formation/TB-rond-grand.png>)

No entanto, uma discussão já antiga, é a questão do que é ou não um bom indicador e que metodologias seguir para a seleção dos indicadores. A seleção dos KPIs que sejam significativos em setores fulcrais, são indicadores chaves. Embora tenham um grande valor para as organizações, estabelecer e desenvolver um método de medição eficaz gera um dos maiores desafios para a mesma. Neste sentido, Carlucci & Carlucci (2010) desenvolveu um estudo de um modelo, baseado no processo de análise de rede (ANP) para a seleção e gestão de KIPs. O modelo considera que os KPIs podem ser avaliados e selecionados com base num conjunto de critérios teoricamente fundamentados.

Tal como é defendido por Neves (2012), para que o plano de monitorização seja eficaz tem de incluir um número limitado de indicadores, ou seja, deveram incluir os KPIs capazes de proporcionar uma visão completa do desempenho da organização, através de uma abordagem integrada. Só assim é possível impedir a sobrecarga de informação que cria entropia nos potenciais utilizadores, fornecendo uma imagem clara dos fatores críticos.

Através de uma monitorização eficiente, a organização deverá ser capaz de compreender a sua situação atual e planear como pretende que seja no futuro. Deve por isso comunicar a sua posição interna, com o objetivo de motivar e estimular as suas equipas, bem como a sua posição externa, com o objetivo de lidar com exigências tanto legais como do mercado. Por fim, deve estabelecer prioridades através da comparação do resultado atual com as metas estabelecidas para o futuro.

### 3. Contextualização e apresentação do projeto

#### 3.1.1. F J Bikes Europe

O presente documento descreve um projeto desenvolvida na empresa FJ Bikes Europe (FJBE) ao longo de 8 meses, num contexto industrial de montagem de bicicletas. A empresa FJBE dedica-se à montagem e comercialização de bicicletas convencionais e elétricas de gama média alta. Esta empresa possui dois centros de montagem, um localizado em Taiwan e outro em Portugal, na cidade de Águeda.

Neste momento em Portugal, a empresa apenas realiza a montagem de bicicletas, no entanto, e tal como já é feito na unidade de Taiwan, pretende progredir para uma integração vertical de processos, agregando no futuro também a pintura de quadros e a montagem de rodas.



Figura 16 - Logótipo da empresa FJ Bikes Europe (Fonte: Apresentação oficial da FJ Bikes Europe)

A FJBE foi fundada em Taiwan, em 1983, por Alan Chou. Desde então, a empresa tornou-se líder na indústria de montagem de bicicletas de gamas médias/altas, no continente asiático. A empresa possui uma capacidade de produção de elevada qualidade, possuindo tecnologia avançada nas suas unidades fabris, cujo objetivo é a oferta de um vasto conjunto de soluções a clientes de todo o mundo.

Todos os anos, o centro de montagem localizado em Taiwan faz a montagem de mais de 300 000 bicicletas, que representa 14% de todas as bicicletas produzidas em Taiwan, o segundo país do mundo que gera mais dinheiro com a exportação de bicicletas. Estas bicicletas são exportadas para mais de 30 países diferentes, cuja maior percentagem de vendas pertence aos países europeus, assumindo cerca de 36% das vendas totais.

Na FJBE, após todo o processo de montagem das bicicletas, estas são entregues aos distribuidores, estando a empresa posicionada no final da cadeia de abastecimento.

A FJBE apresenta um modelo de negócios *Business-to-Business* (B2B), ou seja, realiza a montagem de bicicletas para outras marcas, que recorrem ao *outsourcing* quando



não possuem capacidade produtiva para responder às necessidades do mercado. Esta empresa tem como principal objetivo desenvolver relações duradouras com os seus clientes, garantindo qualidade na montagem das bicicletas.

A unidade fabril de Taiwan está estrategicamente localizada no aglomerado industrial de fornecedores de componentes para bicicletas. Desta forma, permite à empresa beneficiar de tempos de entrega mais curtos e custos reduzidos.

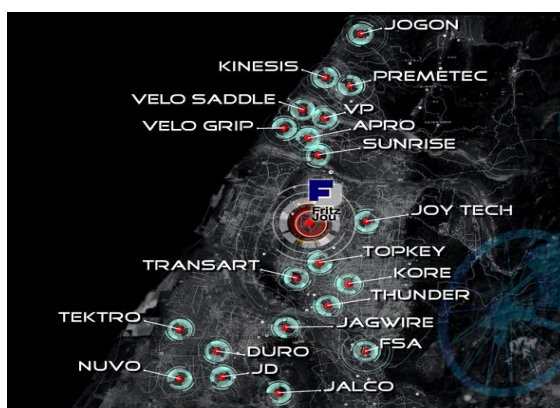


Figura 17- Localização da fábrica em Taiwan e dos respetivos fornecedores  
(Fonte: Vídeo promocional da Fritz Jou 2018)

Com mais de 30 anos de experiência no mercado de bicicletas, a empresa de Taiwan continua a obter resultados consistentes. A missão da empresa é continuar a crescer com os clientes, parceiros de negócios, empregados e entusiastas de bicicletas por todo o mundo, e juntos criar uma enorme rede de contactos na indústria de bicicletas.

A unidade fabril instalada em Portugal, está localizada em Águeda, no parque industrial do Casarão. À data do projeto tratava-se de uma unidade fabril recente, tendo sido instalada em 2017. A fábrica ocupa um espaço total de 16.000 m<sup>2</sup> e realizou a sua primeira produção em dezembro desse mesmo ano.



Figura 18 - Unidade fabril da FJ Bikes Europe no Parque Empresarial do Casarão em Águeda

(Fonte: Apresentação oficial da FJBE)

O seu modelo de operações, em semelhança à empresa de Taiwan, consiste na compra dos componentes da bicicleta em bruto a fornecedores dispersos pelo mundo, bem como a montagem e exportação de bicicletas. De notar que, sempre que possível, é dada a preferência a fornecedores locais.

A empresa, no terceiro trimestre de 2018, completou o projeto da aquisição e montagem de um armazém automático, que representa uma mais valia para a gestão do armazém. Esta solução permite a arrumação vertical dos componentes, o que permite ganhos em termos de espaço de armazenamento. De salientar que, uma bicicleta contém cerca de 100 componentes.

Como referido anteriormente, a FJBE é uma empresa multimarca, ou seja, monta bicicletas para diferentes marcas. O centro de montagem de Portugal resulta da necessidade de responder rapidamente às mudanças do mercado, localizando-se estrategicamente mais perto do mercado europeu.

À data do projeto, a empresa integrava uma capacidade produtiva para a montagem de bicicletas elétricas e não elétricas. Porém, o projeto inicial não foi idealizado para a montagem de bicicletas elétricas de forma massificada. Apesar do desenho da unidade fabril não ter sido concebido para esta finalidade, a adaptação para este tipo de montagem estava programada para um futuro próximo.

O mercado para este tipo de produtos regista uma elevada taxa de crescimento. A procura anual por bicicletas elétricas, segundo a edição Industry & Market Profile (2016), lançado pela confederação Europeia da Indústria de Bicicletas, o número de unidades de

bicicletas elétricas vendidas desde 2009 até 2016 subiu de 98.000 para 1.667.000 bicicletas, respetivamente, uma subida de 1700% em 7 anos.

A FJBE pretende, de forma constante, responder rapidamente aos pedidos mais atuais das marcas com que trabalha. Como o facto do retorno de montar uma bicicleta elétrica pode ser até cerca de três vezes superior do que montar uma bicicleta tradicional, a empresa identificou aqui uma oportunidade de negócio e desde cedo, iniciou o processo de adaptação dos seus processos para a montagem de bicicletas elétricas.

À data do projeto, a FJBE encontrava-se num período de crescimento, tendo como objetivo durante o ano 2018, atingir uma produção mensal entre 5.000 e 10.000 unidades. Em 2019, pretende alcançar as 300.000 bicicletas por ano, e em 2020 ascender a sua capacidade de produção para as 400.000 unidade anuais.

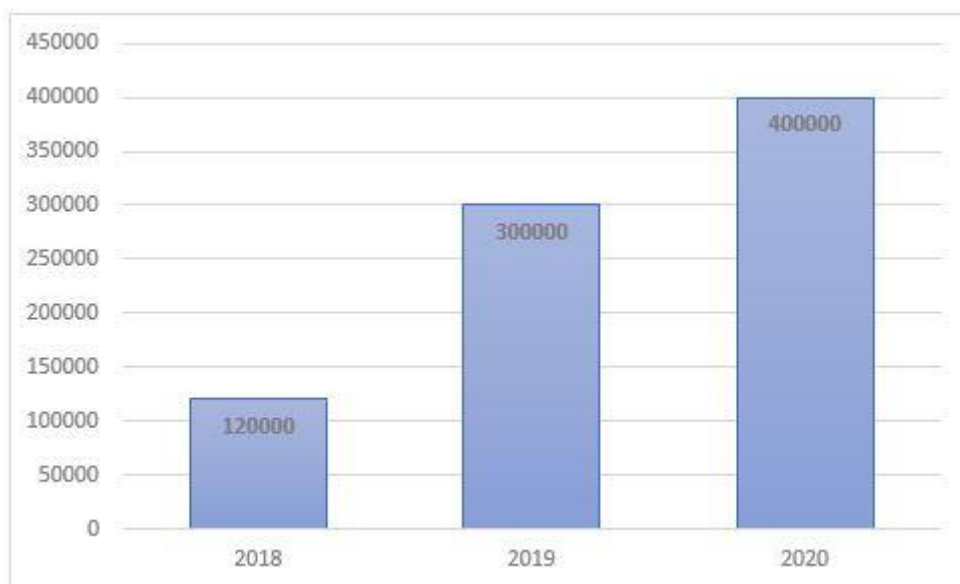


Figura 19 - Previsão do número de bicicletas montadas por ano na FJ Bikes Europe

### 3.1.2. Portfólio de Produtos

A FJBE é uma empresa que realiza a montagem integral tanto de bicicletas convencionais, como de bicicletas elétricas. Esta organização é multimarca e não possui uma marca própria, sendo toda a sua produção exportada e vendida a marcas de bicicletas de gama média/alta, localizadas em diversos países europeus. A empresa, à data do projeto, exporta para 8 países diferentes, com maior representatividade a Polónia, Reino Unido e Holanda.



Figura 20 - Mapa europeu de exportações.

À data da realização deste projeto, a FJBE trabalhava simultaneamente com 9 marcas e alterava a produção de acordo com as suas necessidades. Todas estas marcas são detentoras de variados modelos de bicicletas. Um modelo é a combinação única de vários componentes que formam uma bicicleta. De notar, que todos os anos as marcas lançam novos modelos de bicicletas.

A unidade fabril em Portugal, faz a montagem de 3 a 20 modelos diferentes para cada marca, atingindo a montagem de mais de 100 modelos diferentes por ano. Isto gera uma grande variabilidade na produção, fazendo com que os operadores possuam uma grande capacidade de adaptabilidade.

Na FJBE são montados diferentes tipos de bicicletas. Cada um foi desenvolvido para corresponder a diferentes necessidades que existem no mercado. Os tipos de bicicleta que a FJBE monta são:

Bicicletas de estrada: as suas principais características são, serem bastante leves e atingirem velocidades elevadas, sendo ideais para competições em asfalto, andar em ciclovias e em deslocações urbanas. Costumam possuir guidadores leves e em formato *drop*, que forçam o ciclista a curvar-se e adotar uma postura aerodinâmica no selim. Dentro desta categoria, a FJBE também monta bicicletas de corrida – muitas vezes de carbono; bicicletas de *endurance*, semelhantes às bicicletas de corrida, no entanto, são mais confortáveis de forma a aguentar trajetos mais longos; e bicicletas de *ciclocross*, ágeis mas porém mais robustas. Este tipo de bicicleta está representado na Figura 21.



Figura 21 - Bicicleta de estrada (Fonte: <https://portalbr.akamaized.net/brasil/uploads/2018/06/21155254/cannondale-585x365.jpg>).

Bicicletas de montanha: desenvolvidas para andarem com facilidade por terra, lama, raízes e pedras. Possuem geralmente mudanças leves, para que as subidas por trilhos não danifiquem a bicicleta nem a integridade física do atleta. A sua geometria facilita nas subidas, nas descidas e nas mudanças bruscas de direção. As suas características de absorção ao choque estão bastante desenvolvidas e os sistemas de travagens são mais sofisticados. Este tipo de bicicleta está representado na Figura 22.



Figura 22 - Bicicleta de montanha (Fonte: <https://portalbr.akamaized.net/brasil/uploads/2018/06/20171458/mtb-633x365.jpg>).

Bicicletas híbridas ou de gravel: este tipo de bicicletas possuem características mistas, de bicicletas de estrada e de montanha. A sua maior vantagem é a possibilidade de serem usadas em todos os terrenos sem perder a capacidade de ser rápida. Geralmente, possuem pneus finos e um guidador reto que facilita a realização de curvas rápidas. A sua

geometria proporciona uma postura confortável, com a cabeça erguida, fundamental para deslocamentos urbanos. Este tipo de bicicleta está representado na Figura 23.



Figura 23 - Bicicleta híbrida ou de gravel (Fonte: <https://portalbr.akamaized.net/brasil/uploads/2018/06/20172418/sirrus-638x365.jpg>).

Bicicletas dobráveis: a sua principal característica é o seu tamanho reduzido e a capacidade de ser dobrável, tornando-se bastante práticas. Não são indicadas para percorrer grandes distâncias, uma vez que as suas dobras e encaixes podem desgastar-se ao longo do tempo. Este tipo de bicicleta está representado na Figura 24.



Figura 24 - Bicicleta dobrável (Fonte: <https://portalbr.akamaized.net/brasil/uploads/2018/06/20172134/brompton-548x365.jpg>).

Bicicletas elétricas: indicadas como alternativa para o transporte motorizado urbano, uma vez que permitem deslocações maiores via bicicleta. As bicicletas de pedal assistido, têm sensores que auxiliam o movimento, de acordo com a pressão aplicada nos pedais. O utilizador pedala e a energia elétrica armazenada na bateria é libertada para o motor, que auxilia a moção da mesma. Devido aos seus vários níveis de ajuda, permite ao ciclista percorrer longos quilómetros sem o esforço que é necessário numa bicicleta convencional. As bicicletas elétricas podem assumir a fisionomia de todas as bicicletas acima, no entanto, possuem adicionalmente uma bateria, um motor, ligações elétricas no interior da bicicleta e muitas vezes um *display*. Este tipo de bicicleta está representado na Figura 25.





Figura 25 - Bicicleta elétrica (Fonte: <https://portalbr.akamaized.net/brasil/uploads/2018/06/20171733/e-bike-514x365.jpg>).

O mercado das bicicletas está em permanente evolução e atualizações no que diz respeito ao conforto, à tecnologia e à *performance*. Por este motivo, dentro de cada tipo de bicicleta, as diferentes marcas lançam todos os anos diferentes modelos, com componentes cada vez mais sofisticados.

Uma bicicleta, de acordo com o modelo, possui cerca de 100 componentes diferentes. A Figura 33 mostra os componentes que constituem uma bicicleta de estrada.

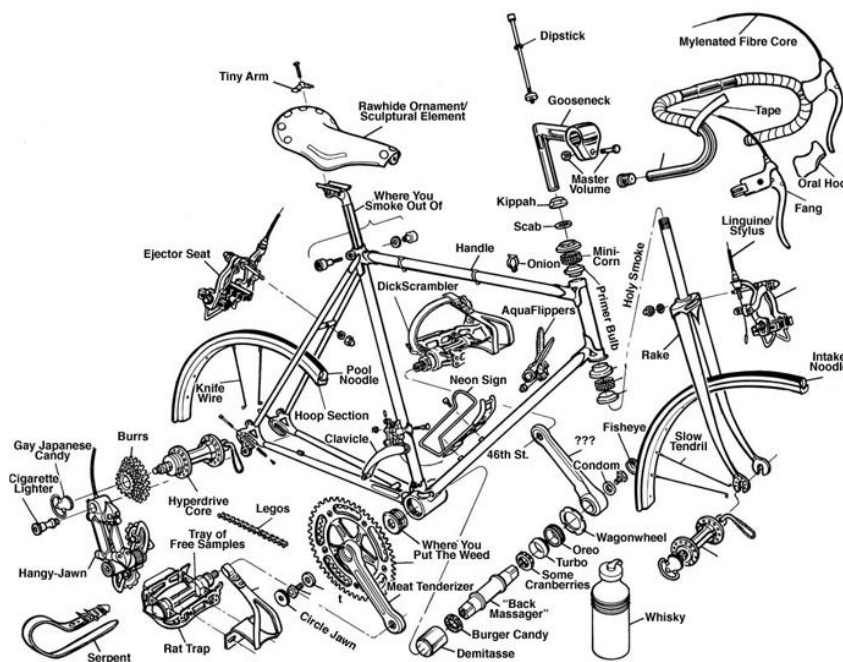


Figura 26 - Componentes que constituem uma bicicleta de estrada (Fonte: <https://media.gizmodo.co.uk/wp-content/uploads/2011/10/bike-parts.jpg>).

À data do projeto, com o crescimento da procura de bicicletas elétricas por parte do público em geral, as marcas com que a FJBE trabalha têm desenvolvido diversos modelos elétricos. Apesar desta unidade fabril não ter sido pensado com o intuito de produzir bicicletas elétricas, atualmente já é responsável por 20% de toda a produção de bicicletas elétricas da FJBE.

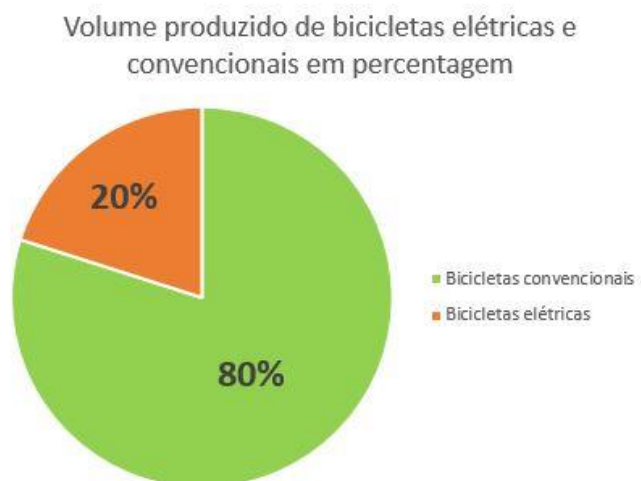


Figura 27 - Representação do volume de bicicletas elétricas e convencionais produzidas.

### 3.1.3. Processo de Encomenda e Armazenamento

O processo de encomenda por parte dos clientes pode acontecer de duas maneiras distintas. Na primeira, os clientes enviam, por cada modelo que pretendem que a fábrica produza, uma lista dos componentes específicos que querem que constitua a bicicleta, designado *Bill Of Materials* (BOM). A empresa, após receber essa lista, procede à compra dos componentes aos fornecedores indicados pela BOM e faz a montagem da bicicleta.

Existem variadas empresas que estão estabelecidas no mercado há bastante tempo, e por esse motivo têm um volume de vendas elevado e uma longa rede de fornecedores na qual exercem um forte poder. Desta forma, estas empresas compram os seus próprios componentes, e posteriormente enviam-nos para a FJBE para realizarem a sua montagem. A Figura 28 mostra as diferenças em ambos os processos de encomenda.

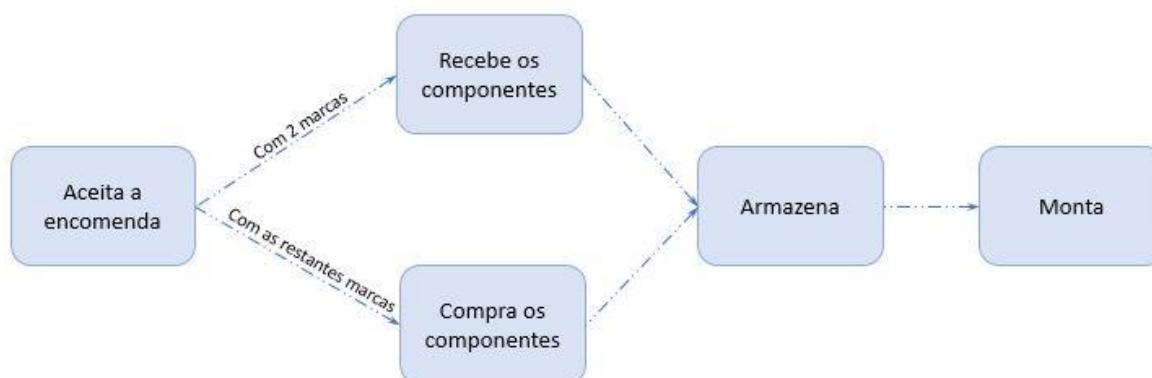


Figura 28 – Diferença nos processos de encomenda.



Cada BOM possui cerca de 100 componentes, o que gera um grande fluxo de entrada de materiais no armazém. Os componentes, transportados em caixas de cartão, dão entrada no armazém e é realizada uma verificação das quantidades recebidas, ou seja, se estas correspondem ao indicado na etiqueta na parte exterior da caixa, bem como a averiguação do estado físico dos componentes. Se todo o material estiver conforme, é introduzido no sistema a chegada daqueles conjuntos de materiais.

Para uma mais fácil gestão do material em *stock*, e devido à abundância de caixas que se acumulam em armazém, a empresa adquiriu e instalou, no final de 2018, um armazém automático com 4480 localizações, tirando partido das dimensões da fábrica, principalmente em altura. De forma a aumentar o número de localizações do armazém, as células foram adaptadas. Isto significa que todos as caixas que tiverem dimensões inferiores à das células do armazém automático, são encaminhadas para este. Caso possuam dimensões superiores, são arrumadas no chão de fábrica, devidamente identificadas e separadas por marcas. A Figura 29 mostra o fluxograma do processo de armazenamento do material.

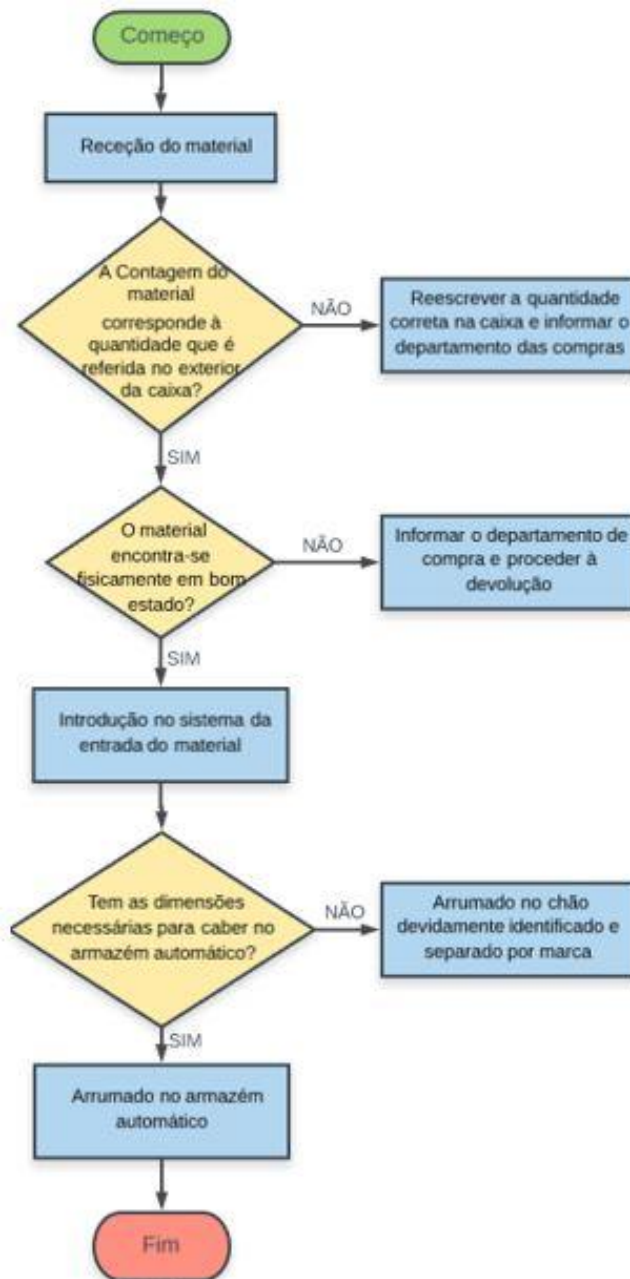


Figura 29 - Fluxograma do processo do armazenamento do material.

Após a receção de encomendas, tanto de bicicletas convencionais como elétricas, a produção recebe as ordens de montagem dos vários modelos para destinos variados. A cada ordem está associado um código, denominado *Sales Order (SO)*. Cada SO é reorganizada, de acordo com o modelo, tamanho, cor e destino final, dando origem a diferentes *Work Orders (WO)*. A Figura 30 exemplifica este procedimento.

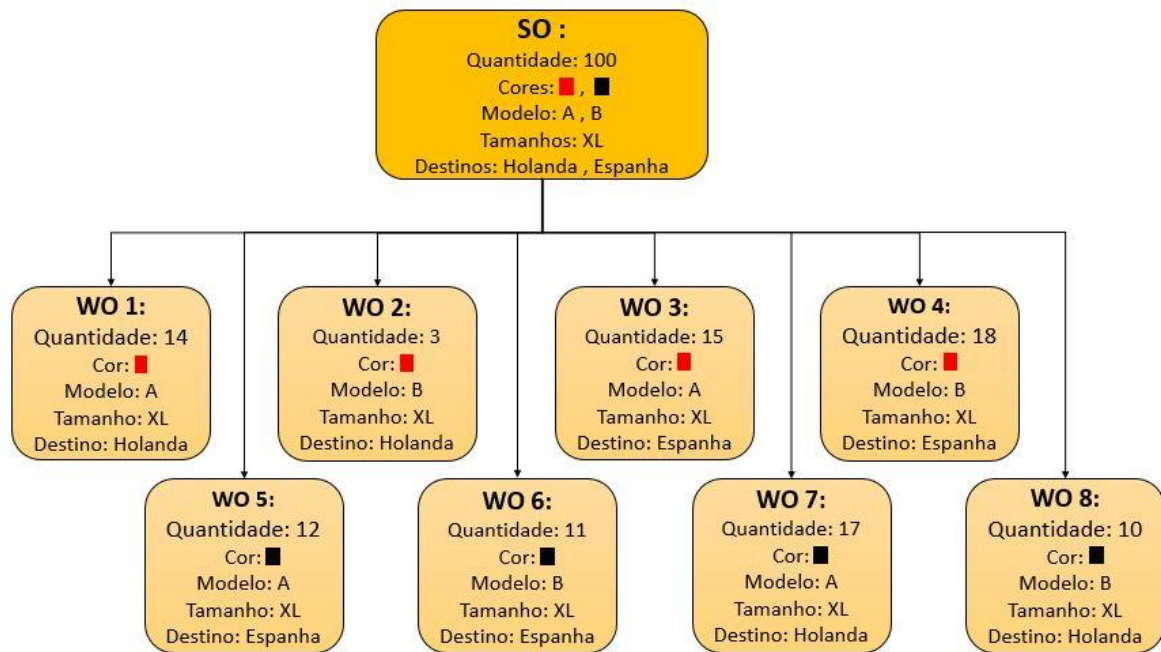


Figura 30 - Exemplo de como são criadas as WOs através das SOs.

De acordo com o *stock* em armazém e através do cruzamento dessa informação com as BOMs, o departamento responsável pelo planeamento consegue saber que WOs podem iniciar o processo de montagem. Se todos os componentes necessários para a montagem da bicicleta não estiverem em armazém, não é possível avançar para o processo de montagem. Assim, todas as semanas é lançado um plano de produção que indica que modelos serão montados diariamente, e a respetiva quantidade, e que está disponível no sistema tornando-o assim, visível para todos os trabalhadores que têm acesso ao mesmo. Num único dia podem ser montados vários modelos diferentes, para diferentes marcas.

Os operadores do armazém, idealmente 3 dias antes de uma produção, realizam a separação de todos os componentes necessários para a montagem de cada WO.

### 3.1.4. Processo Produtivo

O trabalho desenvolvido no âmbito do projeto foi, em grande medida focado na 3ª fase da Figura 31. Para a empresa, esta era a fase em que era mais urgente aumentar a capacidade produtiva.

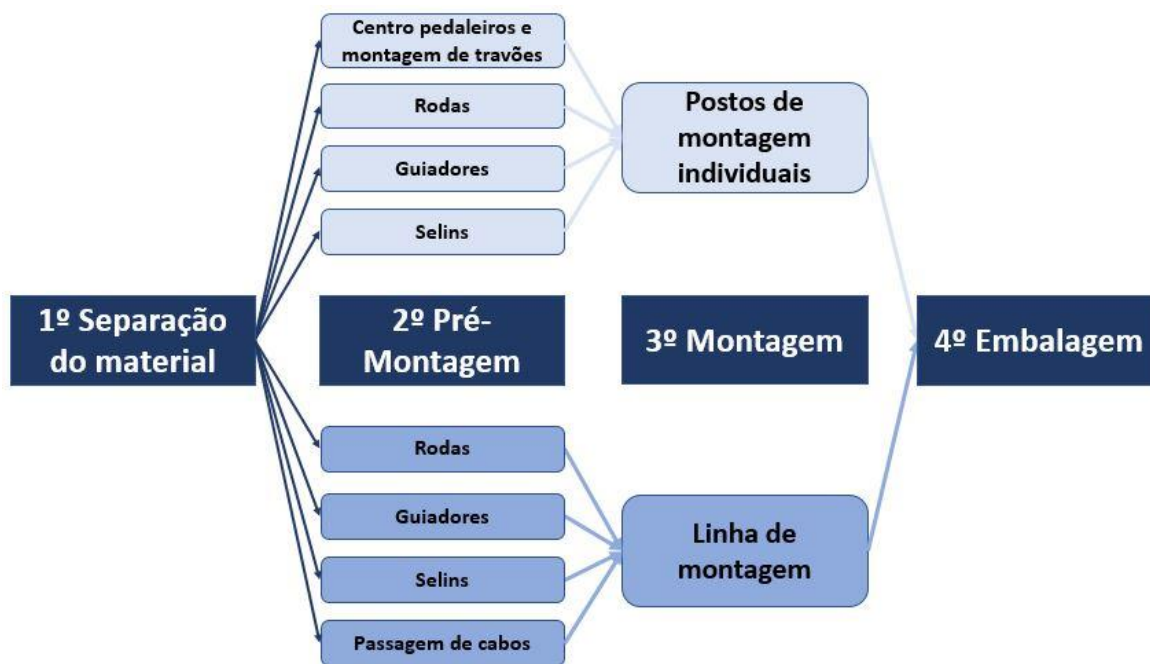


Figura 31 - Sequência do processo produtivo

Para executar a terceira fase, a montagem das bicicletas, a empresa tinha, à data do projeto, instalados dois tipos de processos produtivos: (i) uma linha de montagem em que a quantidade de postos de trabalho variava consoante a complexidade dos modelos, utilizada como uma linha multimodelo e (ii) 16 postos de montagem individuais, concebidos de forma a alocar um operador em cada posto, a realizar a montagem completa de uma bicicleta.

Ambos os processos foram idealizados para conseguir montar, tanto bicicletas tradicionais como bicicletas elétricas. No entanto, os postos de montagem individuais, também denominados de *personal stands* (PS), foram construídos para uma montagem mais detalhada de bicicletas que tenham um nível de complexidade superior ao habitual, que é o caso das bicicletas elétricas. Pelo contrário, a linha de montagem foi idealizada com o intuito de executar uma montagem massificada de bicicletas e assim, mais direccionada para a montagem de bicicletas tradicionais.

Antes da fase de montagem, a bicicleta passa por uma etapa de pré-montagem, de forma a facilitar e tornar mais rápido o processo, tanto na linha como nos PSs. A pré-montagem permite então, aumentar a velocidade do *conveyor* da linha, bem como diminuir o tempo de ciclo de montagem nos PSs. A criação de áreas de pré-montagem foi também motivada pelo facto de ser possível reduzir o comprimento da linha de montagem. Possui ainda a vantagem de permitir que os processos de montagem e pré-montagem sejam independentes. Desta forma, se ocorrer uma paragem num dos processos, não implica a paragem do outro.

Como referido anteriormente, quando a empresa em Portugal foi idealizada, o mercado das bicicletas elétricas ainda não tinha as dimensões que possui hoje, nem se previa as proporções que viria a ter no mercado europeu. No entanto, já se antevia que era um mercado valioso e promissor, sendo por isso um aspeto a ter em conta. Por este motivo, é que os postos de montagem individuais foram construídos. Com as mudanças do mercado, já com a fábrica estar em funcionamento, chegou-se à conclusão de que os postos não iriam ter capacidade de resposta para as encomendas de bicicletas elétricas. A FJBE concluiu que era necessário a produção, tanto bicicletas tradicionais como bicicletas elétricas na linha de montagem, de modo a ter quantidades de *output* suficientes.



Figura 32 - Quantidade de bicicletas elétricas vendidas na EU (Fonte: dados retirados da Confederation of the European Bicycle Industry).

Os PSs foram criados com o intuito de um operador montar uma bicicleta completa. Isto implica que os operadores alocados a estes postos sejam especializados na montagem e afinação de todos os componentes da bicicleta.

No entanto, o tempo que envolve completar a montagem e afinação de uma bicicleta é bastante longo, mesmo com toda a pré-montagem que é efetuada previamente. A duração deste processo varia de acordo com a complexidade do modelo, no entanto nunca foi inferior a 20 minutos.

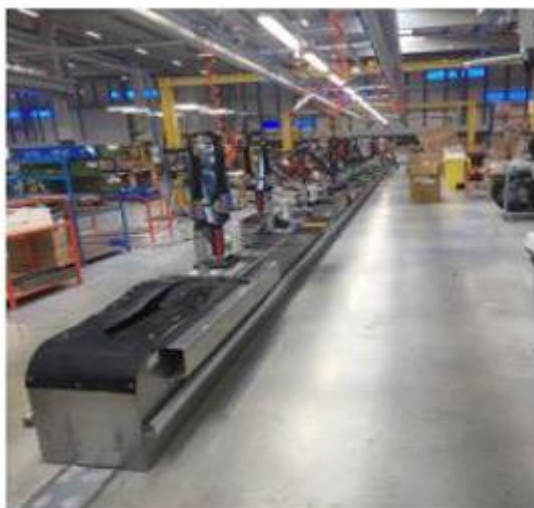
À data do projeto, o número de postos de montagem individuais era reduzido, apenas 16 postos, e o tempo de ciclo elevado. Assim, este método de montagem não é profícuo para o funcionamento da empresa, visto não ter a capacidade de atingir as metas propostas pela mesma. Para além disso, a alocação dos operadores a estes postos implica que as pessoas que têm um conhecimento mais profundo sobre a montagem de bicicletas, estejam fixas num local onde não partilham o conhecimento.

No entanto, existem alguns casos em que de facto, torna-se mais vantajoso para a empresa fazer a montagem das bicicletas nos PSs. No caso de o material do quadro ser de carbono, bastante sensível ao toque e facilmente riscável, bem como no caso de modelos que necessitem de uma atenção redobrada aos detalhes, quando são montadas na linha normalmente acabam por ter uma taxa de não conformidade acima de 5%. Nestes casos, o departamento da qualidade define que esses modelos não podem ser montados na linha e devem então ser montados nos PSs.

Ainda, outra vantagem destes postos, é no caso de as ordens de fabrico serem inferiores a 10 bicicletas ou de modelos de montagem complexa. Nestes casos, é mais vantajosa para a empresa optar por adjudicar a montagem dessas bicicletas para os PSs, uma vez que a linha não tem de parar devido a um *setup* demorado e uma adaptação a um novo modelo por parte dos operadores apenas por uma ordem de apenas 10 bicicletas.

Outra situação, que aproveita as vantagens que o PSs oferece, é o arranjo de bicicletas que saem da linha com erros de montagem. Por vezes quando uma ferramenta parte e danifica a bicicleta, ou quando com a azáfama de executar as operações de montagem rapidamente na linha, há componentes que não ficam devidamente montados. Nestes casos, em vez de ocorrer a paragem da linha de montagem para executar o arranjo da bicicleta para o *conveyor* voltar a entrar em atividade, a bicicleta é retirada da linha e reparada num PS por um operador que tenha mais experiência em montagem de bicicletas.

A Figura 33 mostra a linha de montagem de bicicletas (A), e um posto de trabalho individual (B).



(A)



(B)

Figura 33 - (A) Linha de montagem (B) *Personal Stand*

Ambos os métodos de montagem possuem vantagens e desvantagens e devem ser utilizadas de acordo com o que seja mais benéfico para a empresa, de forma a criar fluxos contínuos, focados na criação de valor. Para isso, a empresa planeia antecipadamente quais os modelos que serão montados em linha ou nos PSs.

Em conjunto com o responsável do planeamento, foi criada a Tabela 2 que apresenta vantagens e desvantagens dos diferentes métodos de montagem, para auxiliar a tomada de decisão na etapa do planeamento da produção.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens da utilização de postos de montagem individuais ou linha de montagem.

| <b>Linha de montagem</b>                                   | <b>Linha de montagem</b>   | <b>Postos de montagem individuais</b>  | <b>Postos de montagem individuais</b>                         |
|--|--|--|---|
| <b>Vantagens</b>   | <b>Desvantagens</b>  | <b>Vantagens</b>   | <b>Desvantagens</b>   |
| Maiores margens de lucro                                   | Qualidades inferior na montagem  | Produtos de maior qualidade  | Custo de produção mais elevado                                |
| Uniformidade dos produtos acabados                         | Instalações de produção rígidas ou inflexíveis   | Reduzido tempo de <i>setup</i>   | Duplicação de equipamentos e ferramentas                      |
| Elevados níveis de produtividade                           | Investimento de capital inicial substancialmente maior                                       | Maior grau de flexibilidade  | Elevada quantidade de tempo dedicado a formação de operadores |
| Requer menos espaço de chão de fábrica por unidade montada | Tarefas monótonas ou repetitivas (leva a problemas de motivação por parte dos trabalhadores) | Um operador pode executar várias operações                                   |   |
| Rápido processo de aprendizagem por parte dos operadores   | Uma falha no equipamento poderá parar a produção   | Várias células podem facilmente produzir diferentes produtos simultaneamente |   |
|  |  | O controle visual do <i>stock</i> em processo (WIP) é mais fácil             |   |
|  |  | Minimiza movimentações de materiais  |   |
|  |  | Melhor uso de recursos humanos   |   |

Quando a unidade fabril recebe uma encomenda de um modelo que nunca tenha sido montado na mesma, de forma a antever eventuais problemas na produção, o departamento técnico recebe as peças referentes a esse modelo, uma semana antes de esse modelo entrar em produção. De seguida, é realizada a montagem de um protótipo, de cada tamanho encomendado desse modelo (XS, S, M, L, XL, 2XL ou 3XL). O objetivo da montagem do protótipo é o processamento de um documento denominado, *standard operating procedure* (SOP). Este explica todo o processo de montagem, os ângulos, as dimensões dos cortes, os apertos e o procedimento correto de embalagem. Este documento é armazenado no sistema e disponibilizado para todos os responsáveis das unidades envolvidas no processo de montagem e embalagem desse modelo de bicicletas.

Os responsáveis, tanto da pré-montagem, da montagem como da embalagem, devem analisar este documento antes do modelo ser produzido, com o objetivo de ensinar todos os operadores da sua secção a executar as tarefas e disponibilizar todas as



ferramentas necessárias para proceder à sua montagem. Além disso, o departamento técnico possui uma linha telefónica sempre ativa, através da qual se disponibilizam para tirar qualquer dúvida que possa surgir.

Para os modelos que serão montados na linhas, existem 4 áreas de pré-montagem: (i) a unidade onde são montadas as rodas (Figura 34, A), (ii) a área onde são montados os guiadores (Figura 34, B), (iii) a área onde ocorre a montagem dos selins (Figura 34, C) e por últimos, (iv) a área onde é realizado a passagem dos cabos no quadro da bicicleta (Figura 34, D).



**(A)**



**(B)**



**(C)**



**(D)**

Figura 34- (A) Pré-montagem das rodas (B) Pré-montagem dos guiadores (C) Pré-montagem de selins (D) Pré-montagem de passagem de cabos

A Figura 35 mostra a localização destas áreas de pré-montagem.



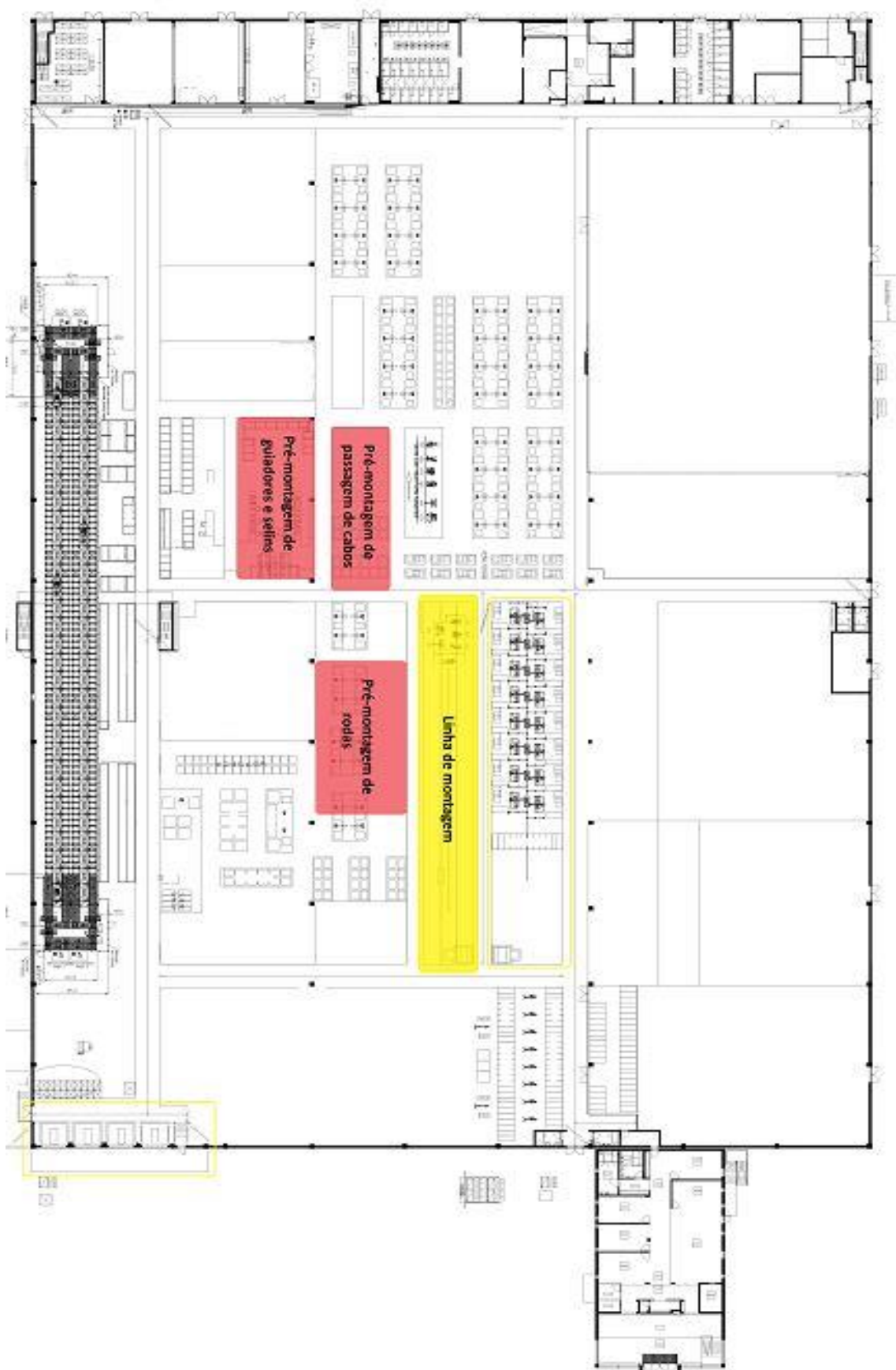


Figura 35 – Layout da unidade industrial, que contém os postos de pré-montagens e a linha de montagem.

Um modelo só pode entrar na linha de montagem quando todas estas áreas de pré-montagem fornecerem todos os componentes necessários, e os operadores do armazém abastecerem a linhas com os componentes a montar.

Porém, quando o destino da bicicleta são os PSs, existem mais operações de pré-montagem. A montagem dos guidadores, selins e rodas é realizada nas mesmas áreas de pré-montagem do que as bicicletas que vão para a linha. No entanto, a pré-montagem das bicicletas que vão para os PSs é bastante mais completa, o que simplifica o trabalho dos operadores nos PSs e reduz os tempos de ciclo nestes postos.

Em simultâneo com a pré-montagem dos guidadores, selins e rodas, o quadro da bicicleta passa por quatro postos de trabalho de pré-montagem antes de ser encaminhado para os PS. No primeiro é realizada a pré-montagem do centro pedaleiro (Figura 36, A); no segundo, os travões dianteiros e traseiros são fixados (Figura 36, B); no terceiro ocorre o corte das forquetas (Figura 36, C) e no último, une-se o quadro com a forqueta e o guiador (Figura 36, D).



**(A)**



**(B)**



**(C)**



**(D)**

Figura 36 – (A) Pré-montagem dos centros e movimentos pedaleiros (B) Pré-montagem de passagem de cabos e fixação de travões (C) Pré-montagem de corte de forquetas (D) Pré-montagem da união de quadros com guias e forquetas

A identifica a localização de todas as áreas de pré-montagem, bem como da linha de montagem e os PSs.

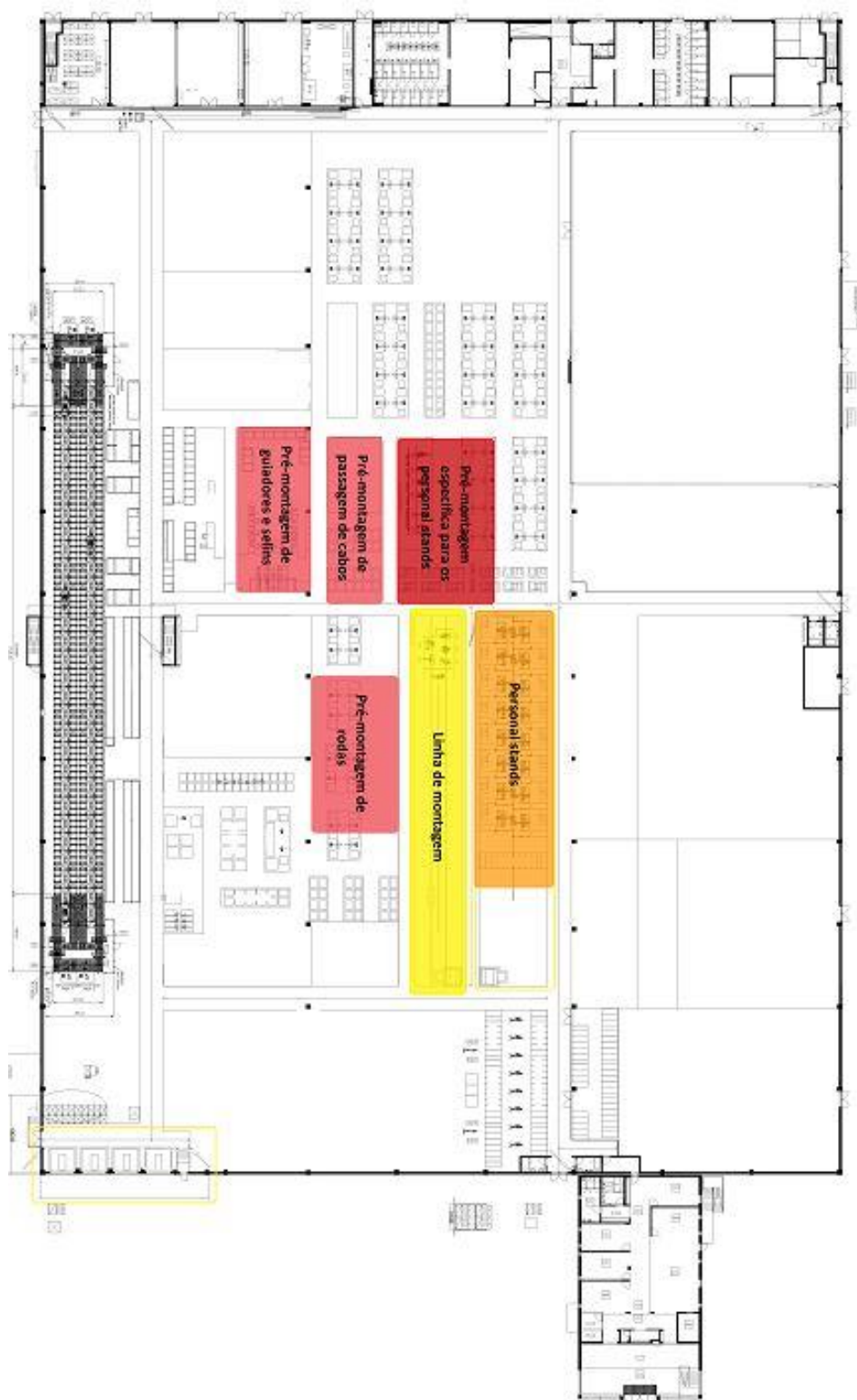


Figura 37 - Layout da unidade industrial, que contém todos os postos de pré-montagens, a linha de montagem e os PSs.

Esta unidade de produção pratica uma pré-montagem bastante completa de forma a que, quando a bicicleta entra na linha de montagem ou nos PSs, já não é necessário iniciar este processo do zero.

Cada unidade de pré-montagem tem um responsável, especializado na montagem de bicicletas. O responsável tem a função de fornecer todo o material necessário para o processo e de realizar a distribuição dos operadores disponíveis pelas diferentes operações para conseguirem acompanhar o plano de produção. Para além destas tarefas, o responsável tem de formar os novos operadores, fazer os registos da quantidade produzida diariamente e procurar soluções para aumentar o *output* diário da sua secção.

O responsável pela linha de montagem possui um conhecimento profundo sobre a montagem dos vários modelos. Para além de todas as tarefas dos restantes responsáveis de secção, o responsável de linha tem como função regular a velocidade da mesma e, desta forma, compreender em que modelos o *conveyor* necessita de andar mais rápido ou mais devagar.

É importante salientar que a fábrica possui uma equipa de operadores provenientes da unidade fabril de Taiwan que representava, até à data do projeto, cerca de 10% dos operadores da produção da unidade fabril de Portugal. A sua principal função é a montagem de bicicletas. No entanto, devido aos seus anos de experiência, disponibilizam-se sempre que necessário, para formar outros operadores, bem como para auxiliar na realização de outras tarefas de manutenção.

Após a montagem das bicicletas, ocorre o processo de expedição. Para isso, é necessário embalar as bicicletas de acordo com as especificações de cada cliente. A FJBE, para responder às exigências das marcas da melhor forma possível, criou sistemas de embalagem que permitem satisfazer os clientes e ainda manter um ritmo de embalamento que seja monetariamente compensador para a empresa. Estes sistemas estão representados na Figura 38.

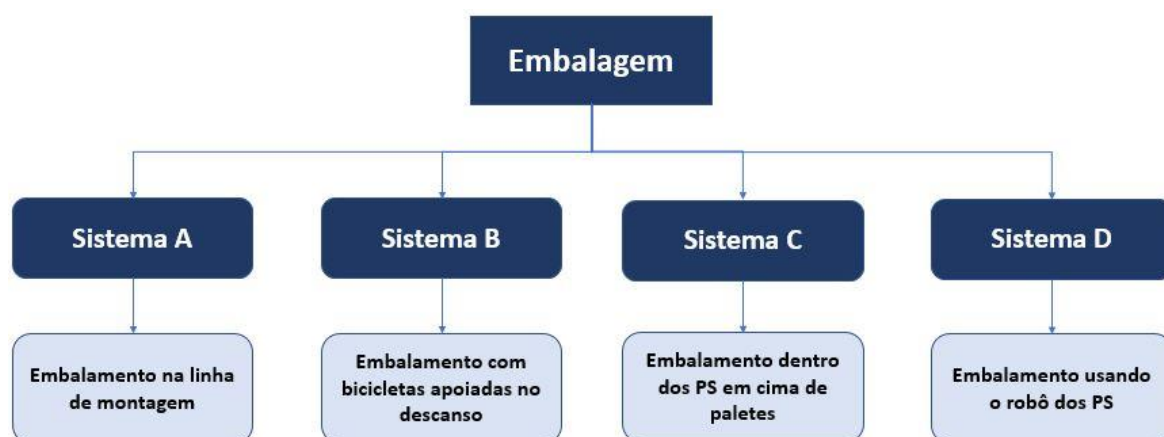


Figura 38 - Esquema representativo dos vários sistemas de embalagem.

Para todas as marcas em que a embalagem das bicicletas é simples e rápida, esta é realizada no final do *conveyor* da linha de montagem. Em simultâneo à embalagem, ao lado da linha, existe um operador a montar caixas de cartão e onde serão colocadas as bicicletas após o processo de embalamento. Por fim, as caixas são arrumadas em paletes, que serão arrumadas no armazém de material acabado.



Figura 39 - Embalamento na linha de montagem

Este sistema é o método mais eficaz, no entanto há marcas que exigem um embalamento mais cuidado. A impossibilidade de efetuar o embalamento na linha de montagem deve-se ao tempo de ciclo de embalamento de uma bicicleta ser superior ao tempo de ciclo da linha de montagem. Nestes casos, podem ser aplicados os sistemas de embalamento B, C ou D.

No caso de uma marca em particular é aplicado o sistema B de embalamento uma vez que esta exige certificar-se da qualidade da montagem presencialmente. Para isso, envia colaboradores da sua confiança para realizar um *check-up* a 100% de todas as bicicletas montadas. Por este motivo, a bicicleta quando sai da linha, é colocada numa fila de espera para ser inspecionado pelo colaborador da marca. Só após a confirmação da qualidade das bicicletas, é que as bicicletas passam para o processo de embalamento. Para isso, foi criada uma área de embalamento ao lado da linha, onde as bicicletas são embaladas por uma equipa de operadores. Como as bicicletas desta marca são mais altas do que o normal, os operadores conseguem trabalhar com elas apoiadas no descanso. Após concluírem o embalamento, entregam o velocípede aos operadores responsáveis pela colocação da bicicleta dentro da caixa. A Figura 40A mostra o local onde é realizada a inspeção das bicicletas; a Figura 40B mostra o local onde estas são embaladas.





Figura 40 – (A) Local da inspeção das bicicletas; (B) Área de embalagem.

No caso de uma outra marca, as bicicletas possuem um embalagem bastante detalhado, possuindo também um tempo de ciclo superior ao da linha de montagem, não podendo ser embaladas nesta. Para proceder ao embalagem destas bicicletas, como elas são mais baixas do que as referidas em cima, e não possuem descanso, foi criado o sistema C. Após saírem da linha, estas bicicletas são colocadas provisoriamente num suporte de chão, em fila de espera. Para executar o seu embalagem, são utilizados os postos de montagem individuais. Devido à sua altura, estas bicicletas são fixadas nas paletes de formar a tornar o trabalho do operador mais ergonómico. O material necessário (espumas, abraçadeiras e ferramentas) está à disposição e à distância de um braço do operador.

Por último, para a marca de bicicletas em que se foca o presente projeto, o embalagem é executado também nos PSs. Esta marca aposta num embalagem cuidado, pensando não só na proteção da bicicleta, bem como em fornecer uma agradável experiência no processo de *unboxing* do cliente. Este embalagem exige a montagem de diversas caixas de cartão, designadas caixas de enchimento, que apoiam a bicicleta. Para além disso, este sistema de embalagem recorre a um *robot*, instalado no PS, que fixa as bicicletas durante este processo, como é possível verificar através da Figura 41.

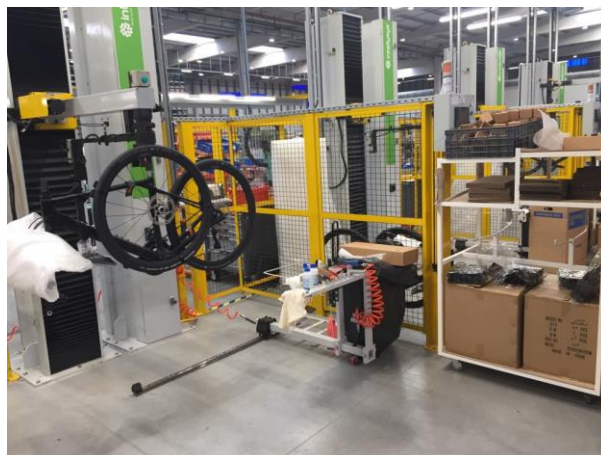


Figura 41 – Sistema de embalagem D.

## 3.2. Âmbito e objetivos do projeto

À data do projeto, a empresa acordou com uma marca de bicicletas, doravante designada de marca A, ficar encarregue da montagem de grandes quantidades de bicicletas até ao final do ano de 2019. Este acordo envolveu a montagem, numa fase inicial de 3 modelos distintos de bicicletas convencionais. No entanto, cada modelo tem cerca de 5 submodelos diferentes. Os submodelos são bicicletas que possuem a mesma estrutura do modelo principal, no entanto, alguns componentes possuem níveis de qualidade diferentes, de forma a oferecer ao cliente diferentes de preços pelo mesmo modelo de bicicleta. Por exemplo, sendo os travões um dos componentes essenciais de uma bicicleta, a diferente qualidade dos mesmos fazem variar o preço de venda da bicicleta ao público. No entanto, não altera a forma de operar dos trabalhadores.

Visto que grande parte dos modelos que esta marca pretende que a FJBE monte são com quadros de carbono e como a montagem destas bicicletas envolvem uma elevada atenção aos detalhes, estas terão que ser montadas nos PSs.

À data do projeto, a representatividade da marca A relativamente ao *output* total de bicicletas montadas diariamente pela empresa é 21%. Face ao volume previsto de encomendas, foi estimado que se teriam de montar 80 bicicletas por dia para conseguir atingir o acordo estipulado com o cliente.

A fábrica FJBE decidiu que teria de atingir o objetivo delineado com os recursos que estavam disponíveis à data. No entanto, ao fim de um período de adaptação de duas semanas aos novos modelos, a empresa apenas estava a conseguir realizar a montagem de 60 bicicletas, por dia.

Desta forma, o projeto desenvolvido e apresentado neste documento teve como objetivo a implementação de ações melhoria, tanto no processo produtivo como no processo de abastecimento dos PSs, de forma a tornar todo o processo mais eficiente e aumentar a capacidade produtiva. Como resultado máximo do projeto espera-se a montagem de 80 bicicletas diárias.

Este projeto pretende ainda a criação de um fluxo produtivo contínuo e constante, no qual não ocorra a paragem devido à falta de componentes, bem como melhorar as condições de trabalho dos operadores, aumentando a produtividade dos mesmos e, consequentemente, aumentar os níveis de *output* diário.



### 3.3. Balanceamento dos setores de Pré-montagem, Montagem e Embalagem

Cada vez mais, o fator tempo tornou-se um elemento crucial para quase todas as empresas, tornando-se completamente fulcral o tempo em que uma empresa consegue alterar ou desenvolver novos produtos e colocá-los no mercado (*Time To Market*). Encurtar o tempo de alteração ou desenvolvimento de produtos não depende apenas de uma rápida velocidade de produção, mas também da redução do *Time to Market*.

Chegar ao mercado rapidamente é uma necessidade que implica, uma maior eficácia na conceção de um produto, que seja executável num sistema produtivo que seja planeado, instalado e testado em simultâneo com esse processo de geração e projeto detalhado do produto.

Desta forma, o fator tempo refere-se simultaneamente a dois indicadores, a cadência de produção, que indica a quantidade de unidades produzidas por uma fração de tempo, assim como a velocidade com que o sistema de conceção e/ou fabrico consegue corresponder às modificações do produto.

A FJBE pretendia então aumentar a sua produtividade diminuindo o tempo despendido em movimentações e esperas nos tempos de montagem, no ajuste de ferramentas e nas cargas e descargas de peças. Para isso, foi necessário identificar os processos gargalos, de forma a executar melhorias que diminuíssem os tempos de processamento, tornando o processo mais produtivo.

Como é explicado por Sousa et al. (2018), as movimentações dos operadores e a flutuação dos tempos de ciclo dos trabalhadores e das máquinas, geram desequilíbrios no balanceamento. Além disso, o tempo de *setup* nas linhas de modelos mistos também cria desequilíbrios. Baseado na procura, o número de operadores ou máquinas deve aumentar ou diminuir no sentido de corresponder à procura e combater os desequilíbrios.

Para um balanceamento eficaz, foi necessário compreender quantos operadores eram necessários para completar o objetivo diário e qual a capacidade de produção da fábrica para estes modelos.

Assim, relativamente à marca que foi alvo do estudo desenvolvido, foram identificados que modelos que já tinham sido montados, chegando-se à conclusão de que, até à data, apenas se tinham montado dois modelos diferentes. Desta forma, decidiu-se realizar um estudo de tempos para estes dois modelos, tendo em conta que estes são os modelos mais procurados/vendidos. A Figura 42 mostra a quantidade produzida por modelo, em percentagem, nos meses de janeiro e fevereiro de 2019.

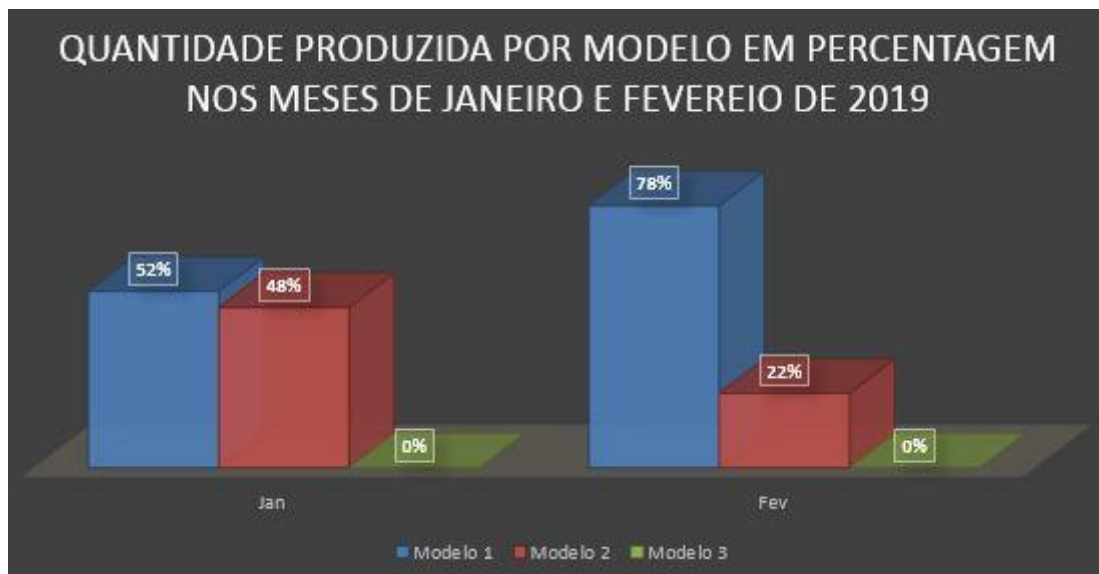


Figura 42 - Quantidade produzida por modelo, em percentagem, nos meses de janeiro e fevereiro de 2019.

Para poder chegar a conclusões que respondam aos problemas apresentado, e visto que as operações a executar entre os modelos são muito semelhantes, foi desenvolvido para cada um dos modelos, e para cada secção em estudo, uma lista de operações que os operadores necessitam de executar em cada posto.

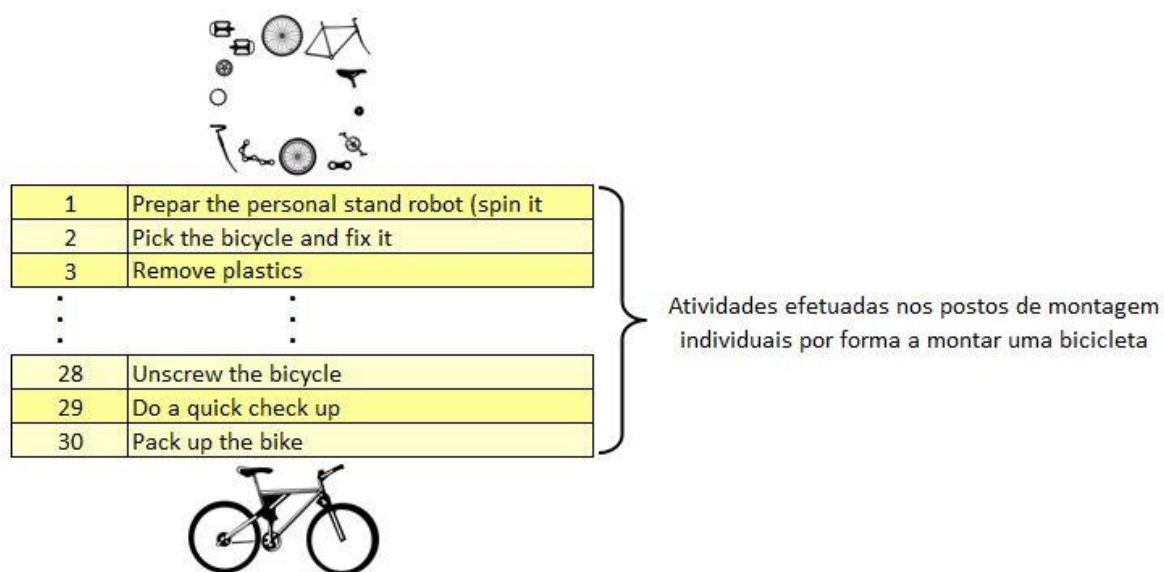


Figura 43 - Exemplo da lista de atividades executadas pelo operador do PS para montar uma bicicleta do modelo 1.

De seguida, com o auxílio de um cronómetro, foram contabilizados os tempos de ciclo de cada uma das operações executadas pelos operadores. Esta recolha de dados foi a base retirar informações acerca do desempenho de cada operador, bem como para a elaboração de futuros planos de ação para a realização de um balanceamento eficaz dos setores.

Tabela 3 - Exemplo da descrição de tarefas e contagem de tempos de um modelo da marca A.

| Station     | No. | Motion  | T1     | T2     | T3     | Average Cycle time |
|-------------|-----|---|--------|--------|--------|--------------------|
| P<br>e<br>r | 1   | Prepar the personal stand robot (spin it 180º vertically) | 13,00  | 13,00  | 14,00  | 13,33              |
|             | 2   | Pick the bicycle and fix it                               | 24,00  | 26,00  | 22,00  | 24,00              |
|             | 3   | Remove plastics   | 20,00  | 20,00  | 22,00  | 20,67              |
|             | 4   | Fit the 2 wheels  | 26,00  | 24,00  | 22,00  | 24,00              |
|             | 5   | Unpack and screw the rear and front quick release with    | 93,00  | 95,00  | 91,00  | 93,00              |
|             | 6   | Adjust the rear brake                                     | 70,00  | 72,00  | 68,00  | 70,00              |
|             | 7   | Adjust the front brake                                    | 30,00  | 31,00  | 29,00  | 30,00              |
|             | 8   | Screw the rear stretcher/diverter                         | 35,00  | 32,00  | 31,00  | 32,67              |
|             | 9   | Put carbon grease and screw the front diverter            | 85,00  | 80,00  | 89,00  | 84,67              |
|             | 10  | Fit and tighten the chain                                 | 157,00 | 155,00 | 171,00 | 161,00             |

A Tabela 3 mostra um exemplo de como foi efetuado o estudo de tempos. Todas as operações que envolvem a montagem deste modelo foram identificadas e, com o auxílio de um cronómetro, foram medidos os respetivos tempos de cada operação três vezes.

Neste estudo foi deliberado que o nível de confiança seria de 95%, com uma precisão de 10%. Após a cronometragem e a recolha dos dados, foi necessário realizar o tratamento dos dados estatisticamente. Foi também necessário compreender se o número de observações executadas era o indicado dado o nível de confiança e a precisão pretendidos.

O número mínimo de observações necessárias foi calculado para todas as operações através da seguinte expressão matemática:

$$n = \left( \frac{Z \cdot s}{p \cdot E} \right)^2$$

Equação 1 - Fórmula para calcular o número mínimo de observações necessárias

Onde:

n – Tamanho requerido da amostra;

p – Precisão desejada (10%);

E – Valor médio dos tempos observados;

s – Desvio padrão dos tempos observados;

Z – Desvio normal para o nível de confiança desejado (1,96).

Após calcular o número mínimo de observações necessárias foi comparado o resultado obtido com o número de observações que já tinham sido realizadas. Caso não tivesse sido atingido o número mínimo de observações, era necessário proceder a mais contagens de tempo até atingir o número calculado.

| Station     | No. | Motion  | T1     | T2     | T3     | Average<br>Cycle time | Cycle time<br>+ 10% | Standard<br>Errors | n |
|-------------|-----|---|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------|--------------------|---|
| P<br>e<br>r | 1   | Prepar the personal stand robot (spin it 180º vertically) | 13,00  | 13,00  | 14,00  | 13,33                 | 14,67               | 0,47               | 0 |
|             | 2   | Pick the bicycle and fix it                               | 24,00  | 26,00  | 22,00  | 24,00                 | 26,40               | 1,63               | 2 |
|             | 3   | Remove plastics   | 20,00  | 20,00  | 22,00  | 20,67                 | 22,73               | 0,94               | 1 |
|             | 4   | Fit the 2 wheels  | 26,00  | 24,00  | 22,00  | 24,00                 | 26,40               | 1,63               | 2 |
|             | 5   | Unpack and screw the rear and front quick release with    | 93,00  | 95,00  | 91,00  | 93,00                 | 102,30              | 1,63               | 0 |
|             | 6   | Adjust the rear brake                                     | 70,00  | 72,00  | 68,00  | 70,00                 | 77,00               | 1,63               | 0 |
|             | 7   | Adjust the front brake                                    | 30,00  | 31,00  | 29,00  | 30,00                 | 33,00               | 0,82               | 0 |
|             | 8   | Screw the rear stretcher/diverter                         | 35,00  | 32,00  | 31,00  | 32,67                 | 35,93               | 1,70               | 1 |
|             | 9   | Put carbon grease and screw the front diverter            | 85,00  | 80,00  | 89,00  | 84,67                 | 93,13               | 3,68               | 1 |
|             | 10  | Fit and tighten the chain                                 | 157,00 | 155,00 | 171,00 | 161,00                | 177,10              | 7,12               | 1 |

Tabela 4 - Exemplo do cálculo do número mínimo de observações necessárias

Ainda sobre o estudo referido, ao valor médio dos tempos medidos, foi somado um acréscimo de 10 valores percentuais com o intuito de ter em conta: (i) o desgaste físico do operador ao longo das 8 horas de trabalho diárias que leva à diminuição da produtividade e (ii) considerar as paragens de curta duração, por motivos variados, que não permitem o operador manter um ritmo de trabalho contínuo.

De seguida foi calculado, através de uma métrica Lean que auxilia a tomada de decisões, o *takt time*. De acordo com Rother & Shook (2003), o *takt time* é um indicador que revela de quanto em quanto tempo é necessário produzir uma bicicleta, de forma a que a empresa consiga corresponder à procura. O *takt time* foi calculado através da seguinte formula matemática:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ produção\ disponível\ por\ dia}{Procura\ do\ cliente\ por\ dia}$$

Equação 2 - Fórmula para calcular o *takt time*.

O tempo de produção disponível por dia são 8 horas diárias, com uma pausa de 10 minutos, o que origina um total de 28200 segundos. Visto ser necessário executar a montagem de 80 bicicletas diárias, esta passou a ser a procura do cliente. Com estes valores o *takt time* para as bicicletas desta marca rondava os 352,50 segundos. Este valor significa que a cada 5 minutos e 52,5 segundos, a fábrica deveria terminar a montagem de uma bicicleta.

Para a produção conseguir corresponder à procura do mercado, é importante o cálculo do *takt time* na medida em que delimita o tempo de ciclo de cada operação. O tempo despendido por um operador desde que começa a trabalhar uma peça até ao momento em que inicia o trabalho na peça seguinte, nunca deverá ser superior ao *takt time*. Caso contrário, não será possível responder à procura. Caso o tempo de ciclo seja superior ao *takt time*, é necessário reduzir o tempo de ciclo, por exemplo, ao colocar outro posto de trabalho a executar a mesma operação, dividindo assim o trabalho.

Assim, depois de saber o *takt time* necessário a cumprir, foi iniciado o processo de balanceamento na pré-montagem. Inicialmente, foram conjugadas todas as operações que

tinham de ser executadas em conjunto pelo mesmo operador. Estes conjuntos de operações foram executados com base em cada posto de trabalho.

A área de pré-montagem, exclusiva aos PS, tem cinco postos de trabalho. Como foi estabelecido que um operador apenas poderia ocupar dois postos de trabalho, caso a soma dos tempos de ciclo fosse inferior ao *takt time*, assim, o balanceamento desta área teve de ser pensado de outra forma, unindo apenas, se possível, postos de trabalho completos.

Para estudar esta possibilidade foi feito um diagrama de precedências como se pode ver na Figura 44.

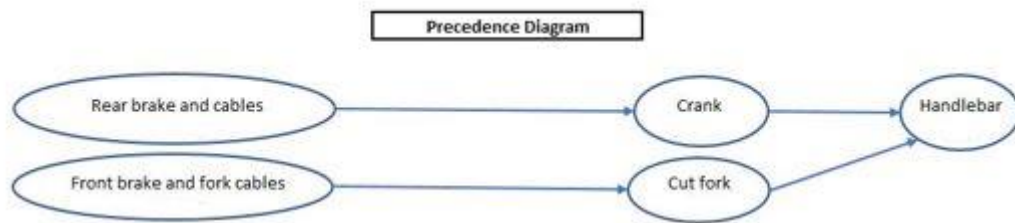


Figura 44 - Diagrama de precedências da pré-montagem

De seguida, foi calculado, de acordo com o estudo de tempos, o tempo que cada tarefa ocupa e foi apresentado de forma a ficar mais visual na Figura 45 **Error! Reference source not found.**

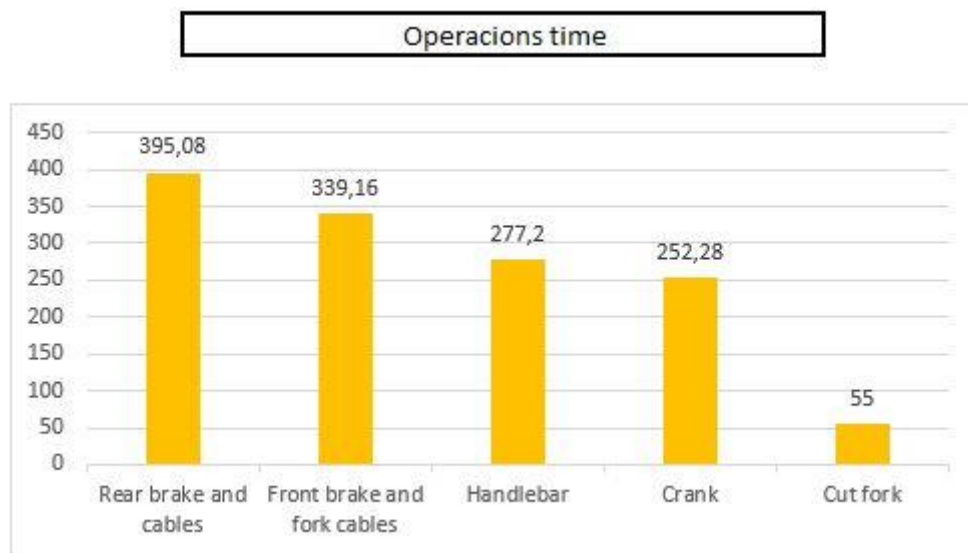


Figura 45 - Tempo de ciclo por posto de trabalho na pré-montagem

Com o objetivo de balancear as operações a executar pelos operadores, de forma a que eles tenham tempos de ciclo semelhantes, foi necessário calcular através da Equação 3, o número mínimo de operadores necessários para cumprir com o *takt time*.

$$\text{Número mínimo de operadores necessários} = \frac{\text{Total de tempo para laborar 1 peça}}{\text{Takt time}}$$

Equação 3 - Fórmula para calcular o número mínimo de operadores necessários

Após a aplicação da fórmula, concluiu-se que seriam necessárias para esta área de pré-montagem 3,74 operadores. No entanto, como resultado foi decimal, tornou-se necessário arredondar este valor por excesso, visto que, para atingir a produção pretendida era preferível obter o número de operadores com alguma folga do que ter operadores com um tempo de ciclo superior ao *takt time*.

Após calcular o número mínimo teórico de operadores, faz-se a divisão de tarefas entre eles. Foram agrupadas as atividades de acordo com a sequência lógica do processo e, somando sempre que possível as duração das atividades com as duração das atividades seguintes, sem ultrapassando o *takt time*.

Tabela 5 - Balanceamento das operações.

| Post            | 1                     | 2                           | 3               | 4         |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|
| Operation       | Rear brake and cables | Front brake and fork cables | Crank+ Cut fork | Handlebar |
| Time (s)        | 395,08                | 339,16                      | 307,28          | 277,20    |
| % of occupation | 112,08%               | 96,22%                      | 87,17%          | 78,64%    |

Como é possível ver através da Tabela 5, o posto 1 tinha um tempo de ciclo de 395,08 segundos, que está 42,58 segundos acima do *takt time*. Com estes valores o operador alocado ao primeiro posto possuía uma percentagem de ocupação de tempo superior a 100%. Isto significava que este operador não iria conseguir montar um número suficiente de peças para atingir o objetivo inicialmente delineado.

O operador 4 possuía um tempo de ciclo de 277,20 segundos, e uma percentagem de ocupação do seu tempo de 78,64%. Isto significava que nesta percentagem do seu tempo, ele estava a executar tarefas que acrescentavam valor para ao produto. No entanto, também significava que este possuía 21,36% do seu tempo livre para executar outras atividades. Visto que esta pré-montagem não é uma linha, mas sim composta por postos de trabalho, este operador podia dedicar esta parte do seu tempo a auxiliar os outros operadores, tornando o trabalho dos restantes mais folgado e não tão perto do limite. Para além disso, caso algo acontecesse, este operador possuía tempo de folga que podia utilizar para corrigir montagens de bicicletas que não possam prosseguir para os PSs.

Desta forma, como é possível verificar através da Figura 46, todos os postos tinham um tempo de ciclo inferior ao *takt time* exceto o posto 1.

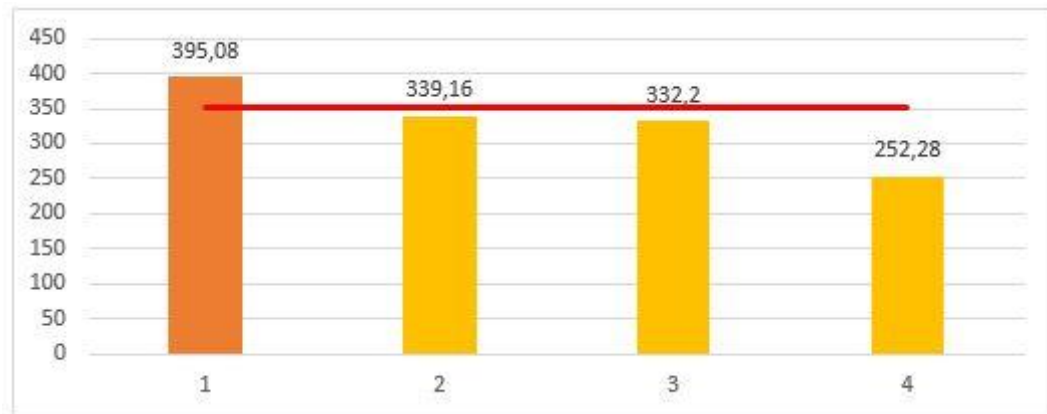


Figura 46 - Comparação entre o tempo de ciclo e o takt time

Com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo do primeiro operador, foram analisadas as suas operações ao detalhe, por forma a reduzir a sua duração, no mínimo, em 42,58 segundos e tornar o seu tempo de ciclo inferior ao *takt time*.

Para isso foi construído o gráfico representado na Figura 46, onde é visível as operações que o operador necessitava de executar e ainda a duração das mesmas.

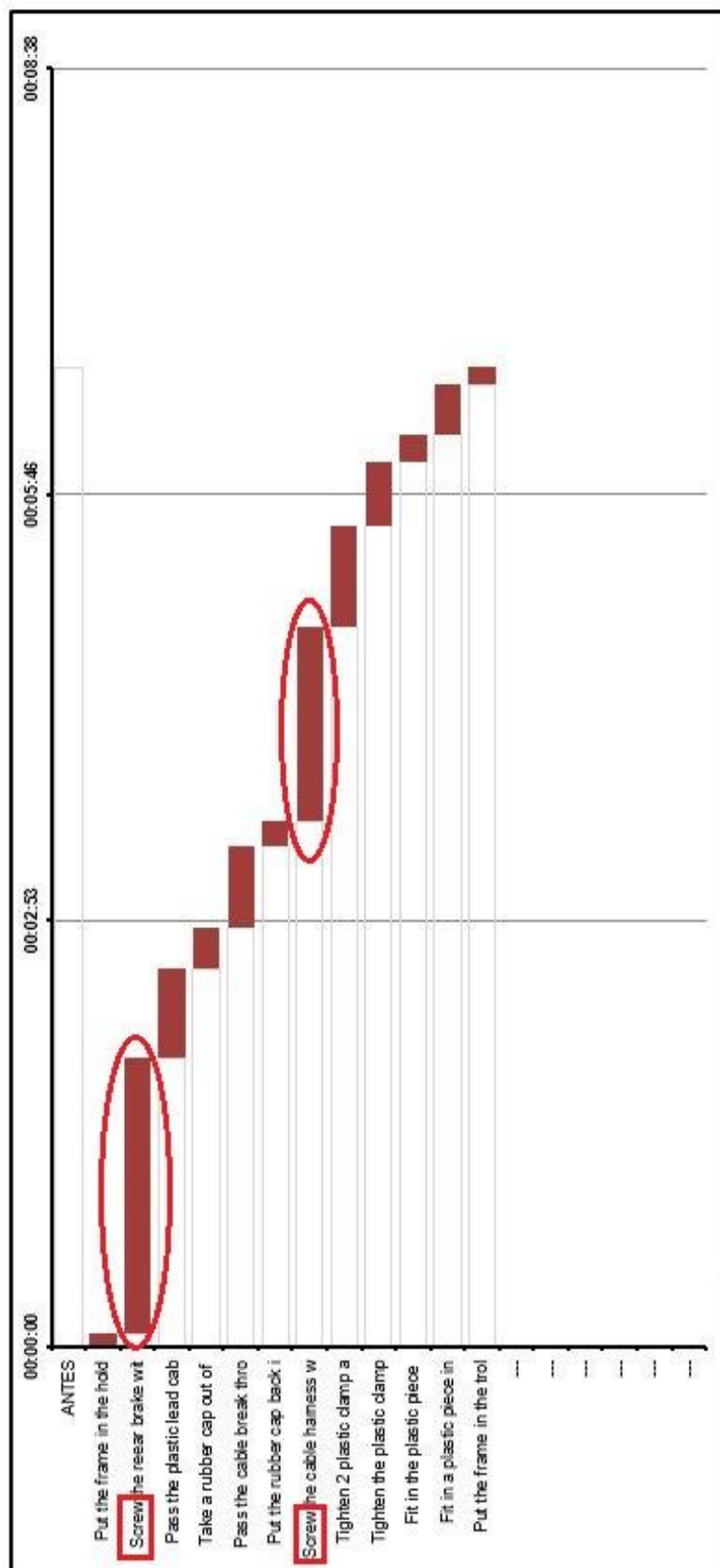


Figura 47 - Operações do operador 1 e seu respectivo tempo, antes da implementação da melhoria.



Através da análise da Figura 47 **Error! Reference source not found.**, foi possível verificar que as operações de maior duração que continham a palavra aperto na sua descrição. Após esta análise, foi verificado através de observação direta, que a forma de fazer os apertos por parte deste operador era executado usando uma chave manual.

Com o objetivo de reduzir a duração das tarefas deste operador e ainda, melhor a ergonomia do seu posto de trabalho, foi proposto e implementada a substituição da ferramenta manual por uma elétrica.

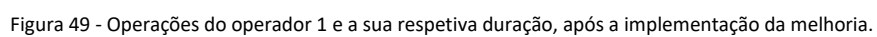


Figura 48 - Alteração da ferramenta manual para uma ferramenta elétrica.

Como é proposto por Kuhlman, Edtmayr, & Sihn (2011), a forma como os postos de trabalho são projetados de forma a aumentar a produtividade deve ser balanceado, com a forma como o trabalhador irá operar.

Esta alteração ajudou o trabalho do operador, visto que o tornou fisicamente menos exigente e cansativo. Desta forma, proporcionou-lhe mais conforto, prevenindo futuras patologias que possam ser causadas pela repetição da tarefa. Uma outra vantagem desta alteração foi a diminuição do desgaste do operador ao longo de um dia de trabalho, aumentando a sua produtividade.

Após esta alteração, foram medidos novamente os tempos e, como é possível verificar através da Figura 49 **Error! Reference source not found.**, esta alteração afetou de forma positiva o tempo despendido pelo operador a executar as tarefas que lhe foram atribuídas.



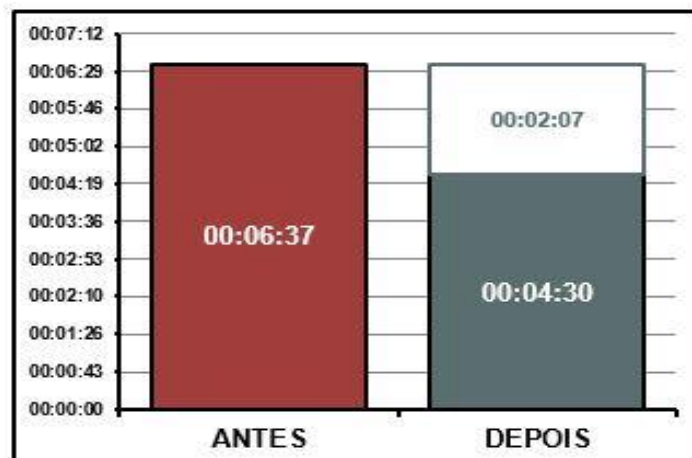


Figura 50 - Comparação dos tempos do operador 1, antes e depois da implementação da melhoria.

Assim, o tempo total que este operador demora desde que começa o trabalho numa nova peça até ao momento que pega na peça seguinte, foi reduzido de 397 segundos (6 minutos e 37 segundos) para 270 segundos (4 minutos e 30 segundos).

Tal como proposto, desta forma todos os operadores ficam com um tempo de ciclo inferior ao *takt time*. Caso não ocorra falta de componentes, atrasos na sua distribuição ou se os operadores deste segmento cumprirem com as suas operações de forma constante e sequencial, a área da pré-montagem possui a capacidade de produzir as 80 bicicletas diárias.

Em relação aos restantes setores, a montagem nos PSs e a embalagem, o trabalho realizado passou pelo cálculo de quantas operadores eram necessários para atingir as quantidades de montagem necessárias.

Tanto nos PSs, como na embalagem, que neste caso também utiliza os PSs o embalamento, todas as operações são executadas pelo mesmo operador, ou seja, um operador que receba uma bicicleta pré-montada, no seu posto de trabalho o próprio vai ser responsável por executar todas as operações necessárias até finalizar a montagem da bicicleta. O mesmo acontece com a embalagem, o operador que inicia o embalamento de uma bicicleta é o mesmo que o finaliza, o que significa que não há uma sequência de operações a alocar aos trabalhadores. Para isso, mais uma vez recorreu-se à Equação 3, que calcula o número mínimos de operadores necessários.

De seguida analisou-se o tempo laboral total. Para isso, utilizou-se os tempos de operação do modelo de bicicletas mais demorados. Efetuou-se a soma do tempo das operações de montagem, bem como das operações de embalamento. De notar que o tempo de *takt time* manteve-se constante.

Após a realização dos cálculos, concluiu-se que o número mínimos de operadores necessários eram 5 para os PS e 3 para o embalamento.

Em relação ao processo de embalagem, para além da necessidade de, no mínimo, alocar 3 operadores, era necessário alocar mais um operador para realizar a tarefa de abastecimento das caixas de cartão de enchimento. Este operador adicional, passou a ter como funções , para além da montagem de caixas de enchimento, triângulos e caixas de bicicletas, bem como a realização do controlo de *stocks* desses materiais e a sua distribuição pelos postos de embalagem.

Desta forma, como é possível verificar através da Figura 51, as secções de pré-montagem, montagem e embalagem ficaram balanceadas, fazendo com que os componentes passem de uma secção para outro de forma contínua e sem a acumulação de *stocks* intermédios.



Figura 51 - Balanceamento das secções da pré-montagem, montagem e embalagem

Assim, o balanceamento corrobora a ideia proposta por Kuhlman et al. (2011), que afirma que o trabalho deve ser distribuído pelos diversos postos ou setores de trabalho de maneira a que não exista, nem quantidades substanciais de tempo ocioso, nem carga excessiva de trabalho.

### 3.4. Melhorias no abastecimento

De acordo com os autores Rother & Harrys (2002), a criação de um fluxo contínuo, é um conceito que, no seu estado ideal, significa que os itens são processados e movidos diretamente de um processo para o próximo, uma peça de cada vez. Cada etapa do processo opera somente na peça que é necessária para próximo passo, pouco antes que este precise dela, sendo o tamanho do lote de transferência um.

O fluxo contínuo é um dos princípios fundamentais do Lean *Manufacturing* e os autores Rother & Harrys, (2002) enumeram as seguintes vantagens:

- Uso do mínimo de recursos: quantidade de operadores, diretos ou indiretos, máquinas, equipamentos, etc., requeridas para a produção mantêm-se no mínimo, que significa manter a alta produtividade a baixo custo.
- Diminuição do *lead time*, permitindo uma resposta rápida ao cliente e consecutivamente;
- Erros de produção são mais facilmente detetados. Os problemas são mais rapidamente identificados e corrigidos antes de prosseguirem para a fase seguinte. Torna-se mais fácil identificar a raiz das anormalidades detetadas.
- Estimula a comunicação entre operações, cujas relações funcionam como “cliente-fornecedor”.

Assim, este capítulo descreve algumas implementações de melhoria realizadas no processo de abastecimento de uma secção de pré-montagem e dos PSs, com o objetivo de criar um fluxo contínuo de material.

Como referido na secção 0., a FJBE organiza e planeia as suas ordens de produção segundo as SOs, que são agrupadas de acordo com as características das bicicletas, tamanho, cor e destino final, dando origem às WOs.

No que diz respeito à marca sobre o presente projeto foi desenvolvido, a quantidade de bicicletas que contem cada SO, e posteriormente WO, mostrava-se variável. No entanto, cada SO continha cerca de 100 a 300 bicicletas, enquanto que uma WO continha cerca de 1 a 60 bicicletas. A Figura 52 mostra como uma SO se divide em diversas WOs.

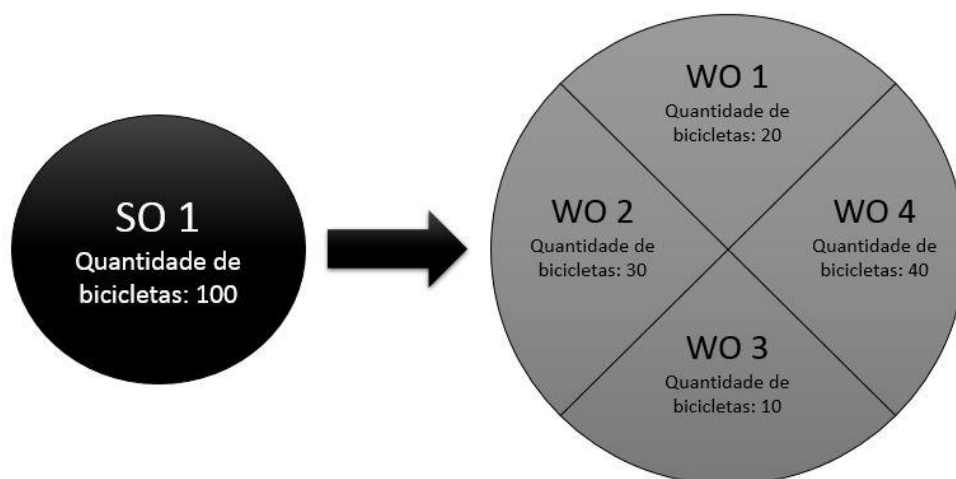


Figura 52 - Desdobramento de uma SO em WOs.

De salientar, que o número de bicicletas em cada WO é sempre inferior ao número de bicicletas de uma SO.

No início do projeto a fábrica realizava a separação dos componentes para as respectivas áreas de pré-montagem, na área de picking por WO, como é possível compreender através do esquema da Figura 53.

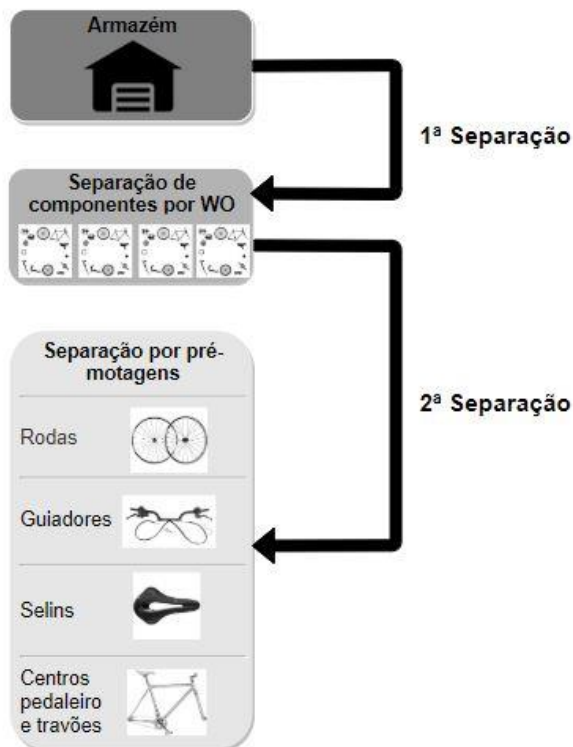


Figura 53 – Processo de separação das WOs.

Esta separação era realizada por 2 ou 3 operadores, dependendo da carga de trabalho dos operadores de armazém. Numa primeira separação, para cada WO, os operadores possuíam uma BOM, a partir da qual verificavam que componentes formavam aquele modelo. De seguida, deslocavam-se aos locais de armazenamento do material, realizavam o *picking* dos componentes necessários, aglomeravam-nos numa palete e, quando esta estivesse concluída, ocorria um segundo processo de separação. Esta consistia na separação dos componentes de acordo com o setor de pré-montagem, que eram colocados em diferentes caixas. Por exemplo, todos os componentes que tinham como destino o posto de pré-montagem dedicado às rodas, eram separados dos que iriam ser encaminhados para o posto de pré-montagem do centro pedaleiro. Quando toda a separação dos componentes estivesse concluída, o material poderia seguir para a produção.

Este método de trabalho facilitava a organização para a equipa do armazém, no entanto, provocava algumas desvantagens para a produção, interferindo com os níveis de *output* diário desta marca. O processo de separação tornava-se muito demorado quando se tratava de ordens de pequenas dimensões. O elevado tempo de separação implicava paragens no processo de produção, devido à falta do material necessário quando ocorriam ordens de produção pequenas seguidas.

Este problema foi identificado devido ao facto de, por vezes, ocorrer paragens na produção, uma vez que o armazém era mais lento a separar o material do que os setores responsáveis pela montagem a executarem as suas tarefas. Desta forma, o resultado era a paragem dos operadores responsáveis pela montagem, devido à falta de componentes para a montagem.

A origem deste problema devia-se ao facto do desvio do tempo médio que os operadores demoravam a separar uma WO de grandes dimensões ou uma de pequenas dimensões, ser reduzido. Por exemplo, o tempo que é despendido a executar o primeiro processo de separação de uma WO de 30 ou de 60 bicicletas, não variava consideravelmente.

Assim, concluiu-se que a diferença do tempo de separação não está relacionada com o tamanho da WO, mas sim com os percursos realizados no processo de separação pelos operadores. De relembrar, que as movimentações desnecessárias é um dos sete desperdícios identificados por Hines & Taylor (2000). Concluiu-se então que era necessário reduzir o número de movimentações realizadas pelos operadores.

Do ponto de vista da produção, o tempo que demora a produzir uma WO é diretamente proporcional ao número de bicicletas que ela engloba. Ou seja, enquanto o tempo de montagem aumenta de forma significativa com o aumento do número de bicicletas de cada WO; o tempo de separação apenas aumenta ligeiramente com o

aumento do número de bicicletas de cada WO, como é possível verificar através do gráfico representado na Figura 54.



Figura 54 - Comparação do tempo que demora o processo de montagem e o processo de separação de componentes, de acordo com o número de bicicletas numa WO.

Através do gráfico é possível verificar que quando as ordens são inferiores a 10 bicicletas, o tempo de separação dos componentes é superior ao tempo de montagem. Conclui-se que, o tempo do processo de separação não consegue acompanhar o tempo de produção nestes casos, implicando a paragem dos processos de montagem.

Devido à falta de tempo do armazém para a separação dos componentes, o material seguia para cada secção ainda embalado. Este facto era um dos motivos que gerava atrasos na montagem e diminuía a capacidade produtiva dos PSs, visto que os operadores tinham de desembalar os componentes antes de iniciarem a sua montagem. A Figura 55 mostra a forma como eram distribuídos os componentes pelos PSs, antes da implementação de ações de melhoria.





Figura 55 - Separação do material embalado para os PSs.

A ocorrência de erros no processos de separação, muitas vezes, deviam-se ao facto da verificação do material separado apenas ocorrer uma vez, no armazém. Na eventualidade de erros, como por exemplo de contagem do material separado, estes apenas eram detetados no local onde iria ser montado o componente. Isto implicava, mais uma vez, a ocorrência de paragens no processo de montagem, uma vez que os erros apenas eram detetados no momento da montagem da bicicleta.

Na ocorrência de erros, para identificar a fonte do problema, era necessário a contagem do material em *stock* no armazém para verificar se teria sido um problema na contagem durante a separação, ou outras causas.

A Tabela 6 resume todos problemas identificados, bem como os desperdícios que geravam.

Tabela 6 – Quadro resumo dos problemas identificados na separação dos componentes e os desperdícios que geram.

| Problemas   | Desperdícios <u>Lean</u>     |
|---|------------------------------|
| Os componentes seguem para a secção seguinte embalados                  | Processos inadequados        |
| Plástico desnecessário (lixo) a deslocar-se pela fábrica                | Transportação excessivas     |
| Maior probabilidade de perda de componentes                             | Movimentações desnecessárias |
| O erro de contagem só eram detetados quando o componente era necessário | Esperas<br>Defeitos          |

Com o objetivo de solucionar estes problemas, o processo de separação de componentes foi modificado.

Na área onde estava a acontecer a separação do material por WO, foi alterada para uma área de separação por SO. Assim, esta secção passou a trabalhar com um volume de bicicletas superior, diminuindo a quantidade de movimentações que o operador terá que realizar. Quando a separação é realizada por SO, o operador recolhe cada componente, de uma só vez, enquanto que, na separação por WO, implica que o operador necessite de deslocar-se mais vezes ao armazém.

Por exemplo, numa SO de 100 bicicletas que seja composta por 2 WOs de 50 bicicletas cada, numa separação por WO terá que se deslocar do seu posto 2 vezes e fazer a contagem de 50 peças de cada vez. No entanto, quando é proposta uma solução de separação do material por SO, o operador apenas terá de realizar uma movimentação até ao local onde estão armazenados os componentes pretendidos e fazer uma contagem de 100 peças.



Na Figura 56 está representada uma SO de 148 bicicletas. Esta SO contém 7 WOs, assim, excluindo o material de embalagem (identificado pela cor cinza), cada WO é constituída por 83 componentes.

Através da análise da figura podemos verificar que para 58% dos componentes (identificados a amarelo) apenas é necessária uma movimentação para a realização do *picking* dos mesmos, enquanto que pelo método antigo seriam necessárias sete deslocações. Através do novo método, para 22% dos componentes (identificados a laranja) o *picking* dos mesmos pode ser realizado apenas com 2 deslocações.

Com este método de separação, as linhas que não estão identificadas com cor, passam também a implicar menos movimentações do que o método anterior. No exemplo da Figura 56 é possível concluir que, com as alterações implementadas, foram evitadas pelo menos 378 movimentações na separação desta SO. A melhoria implementada tornou o processo de separação mais rápido, passando a ser possível a realização desta separação apenas com um operador.

Assim, esta alteração permitiu reduzir dois dos desperdícios identificados, o excesso de transportação e o número de movimentações dentro do armazém. Ambos os desperdícios aumentavam o risco de danificação dos componentes, o seu extravio e, consequentemente aumentava o tempo de separação.

Em conjunto com esta alteração, foi criado um posto de trabalho que permite a separação do material para os postos seguintes, bem como a verificação do material após uma nova contagem. Desta forma, ocorre uma diminuição dos erros do processo de separação, e impede futuras paragens nos postos de pré-montagem ou nos PSs, uma vez que os erros são identificados antes da chegada do material a estes setores. Por isso, este posto situa-se antes da pré-montagem. A Figura 57 mostra o novo posto de trabalho.



Figura 57 – Novo posto de trabalho para separação de componentes.

Neste posto, o operador tem duas principais funções. Após a separação por SO no armazém, o operador deste posto tem como função a distinção dos componentes que seguirão para a pré-montagem, colocando-os em carrinhos específicos. Neste caso, o operador responsável pela distribuição dos componentes desembala-os, separa-os por caixas e reencaminha-os para os seguintes postos de trabalho.

Na separação para os postos de pré-montagem cada caixa contém os componentes respetivos a uma SO completa, como mostra a Figura 58.



Figura 58 - Separação do material, por SO, para a pré-montagem.



Para tornar a separação visualmente mais perceptível e tornar a identificação das caixas mais intuitiva, o operador responsável pela distribuição passou a utilizar caixas de cores diferentes para cada posto de trabalho.

A segunda melhoria implementada ocorreu na separação referentes aos PSs, passando a ser realizada de forma mais personalizada. A separação passou a ser feita para cada operador, ou seja, é realizada a separação do material de forma a que cada operador receba uma caixa com todos os componentes necessários para a montagem completa de uma bicicleta. A Figura 59 mostra as alterações implementados neste processo de separação.



Figura 59 – (A) Método de distribuição de material para os PS antes da implementação; (B) Método de distribuição após a implementação de ações de melhoria.

Esta alteração teve como principal objetivo facilitar o trabalho dos operadores alocados à pré-montagem e aos PSs, bem como reduzir os tempos de montagem.

Na pré-montagem, para além da redução de erros devido à recontagem do material, os componentes passam a chegar a estes postos desembalados, reduzindo os tempos de ciclo.

Relativamente aos PSs, nesta secção apenas são alocados operadores com um vasto conhecimento sobre a montagem de bicicletas. Logo, a melhoria implementada nestes postos permitiu reduzir o desperdício do não aproveitamento da capacidade humana, uma vez que os operadores passaram a dedicar maior parte do seu tempo à efetiva montagem das bicicletas, através da eliminação de atividades de valor não acrescentado.

Após a montagem dos componentes, caixa necessita de retornar vazia para o operador alocado ao novo posto de trabalho, confirmando também que todos os componentes foram montados no velocípede.

No entanto, após a realização das alterações, através de observação direta foi notório que os operadores dos PSs estavam a desempenhar muito mais atividades do que as que lhes teriam sido atribuídas inicialmente, ou seja, a montagem de bicicletas.

Assim, foi criada uma lista das atividades dos operadores dos PSs.



Figura 60 - Lista de atividades desempenhadas pelos operadores dos PSs.

Examinando a Figura 60, podemos verificar que estes operadores desempenham muitas mais funções do que efetivamente montar e afinar bicicletas. Visto este poder ser um dos motivos pela qual estes operadores não estariam a completar a montagem de tantas bicicletas como esperado, foi medido o tempo que estes despendiam por dia a montar e afinar bicicletas e compará-lo com o tempo que estes despendiam nas restantes atividades.

Para fazer essa comparação foi criado um *waste identification diagram*. Este foi criado a partir do estudo de tempos que foi inicialmente elaborado. A partir desse histórico foi calculado o tempo médio para executar a montagem de uma bicicleta, bem como o número médio de bicicletas montadas, por dia e por operador. Visto que os operadores demoravam cerca de 30 minutos a montar uma bicicleta e, em média montavam 12,4 bicicletas por dia, significa que 23% do seu tempo estaria a ser utilizado para desempenhar outras atividades.

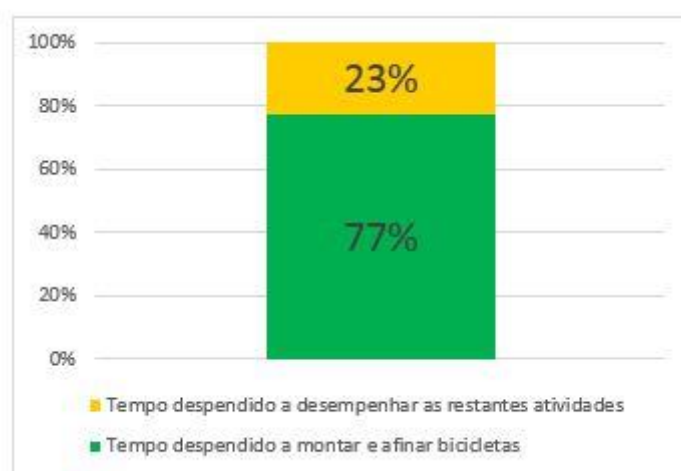


Figura 61 - Waste identification diagram dos operadores dos PSs.

Na análise da Figura 61, podemos verificar que apenas 77% do tempo é dedicado à montagem e à afinação de bicicletas, enquanto que 23%, do tempo é despendido nas diversas movimentações, reparações e por vezes, na ajuda dos operadores da pré-montagem.

Sabe-se que 23% de um dia de trabalho (7 horas e 50 minutos) corresponde a 1 hora e 48 minutos, tempo que está a ser despendido por estes operadores nas operações descritas acima. Sendo que um operador em média monta 3,6 bicicletas em 1 hora e 48 minutos, 5 operadores montariam 18 bicicletas. Este é o número de bicicletas que teoricamente se poderiam montar a mais por dia, caso os operadores dos PSs dedicassem a totalidade do seu horário de trabalho à montagem de bicicletas.

Como tentativa para solucionar este problema propôs-se que as atividades, que envolvessem a movimentação dos operadores dos PSs, passassem a ser realizadas por apenas uma pessoa externa. Após a realização de uma reunião com a responsável de produção, decidiu-se nomear uma responsável dos PSs e da pré-montagem que passaria a executar estas atividades, reduzindo o número de movimentações dos operadores.

Apesar de inicialmente ter sido decidido que os objetivos de montagem para a marca A teriam de ser cumpridos com os recursos disponíveis, isto não se concretizou. Foi ponderado os potenciais ganhos que, agregar esta responsável ao sistema poderia ter a nível de quantidades produzidas. Esta decisão foi tomada tendo em conta que a padronização do trabalho dos operadores dos PS iria aumentar a sua produtividade.

Com esta alteração foram possíveis eliminar, na lista de atividades dos operadores dos PS, na maioria das vezes as seguintes movimentações:

- Movimentações para ir buscar carros com quadros;
- Movimentações para ir buscar carros com material separado;



- Movimentações para ir buscar carro com rodas;
- Movimentações para devolver carros vazios.

Em relação às movimentações para ir buscar correntes, montadas pelos operadores dos PSs, esta tarefa foi atribuída ao operador que faz a distribuição dos componentes pelas caixas. Este verifica que tipo de corrente são necessárias para cada modelo de bicicleta, e na caixa destinada aos PSs coloca uma corrente por caixa.

Relativamente às movimentações para ir buscar expositores, isto acontecia porque a área da embalagem, atrasavam-se relativamente aos PSs. Assim, eram necessários expositores para colocar as bicicletas em espera para serem embaladas.



Figura 62 - Exemplo de um suporte

Por falta de localizações definidas para guardar os expositores, estes encontravam-se espalhados pelo chão de fábrica, obrigando o operador a ir à sua procura.

Para minimizar estas deslocações, foi criado um sistema de fila de espera entre os PSs e a área de embalagem com expositores fixos. Este sistema funciona através do método *First In First Out*<sup>1</sup> (FIFO).

---

<sup>1</sup> O primeiro elemento a ser retirado do sistema é o primeiro que tiver sido inserido.

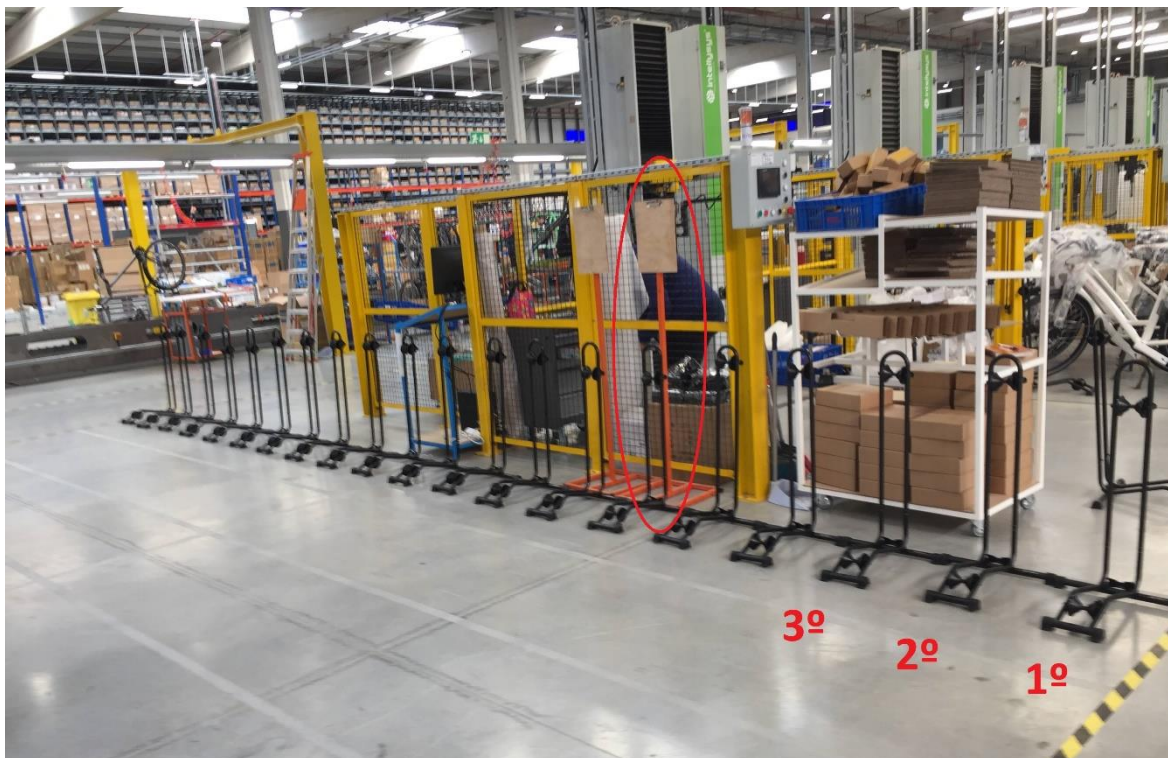


Figura 63 - Fila de espera de expositores para bicicletas prontas para embalar

Como se pode ver na Figura 63, foi criada uma fila de expositores na qual os operadores da montagem colocam as bicicletas. Este processo é realizado da direita para a esquerda, colocando a primeira bicicleta no primeiro suporte, a segunda no segundo e por aí em diante. Assim, os operadores da embalagem vão retirando as bicicletas também da direita para a esquerda, deixando os lugares inicialmente ocupados livres. Desta forma, quando o conjunto de bicicletas atinge o final da fila, os operadores dos PS voltam a colocar bicicletas no lado direito da fileira.

Como é neste local onde é realizada a etiquetagem das bicicletas, foi importante a colocação de painéis móveis, identificados na Figura 55 com um círculo vermelho, que alertam a mudança de WOs, evitando assim erros de rotulagem.

Através deste sistema, a responsável da embalagem de uma forma rápida e visual, conseguir perceber se estão a ocorrer atrasos no processo de embalamento. Caso a fila fique com uma quantidade de bicicletas elevada deixando pouco espaço para novas bicicletas, significa que o processo de embalamento está a ficar atrasado em relação ao processo de montagem.

### 3.4.1. Impacto na produtividade

Através das ações de melhoria implementados no processo de abastecimento dos postos de trabalho, foram alcançados alguns objetivos.

O primeiro objetivo foi uma diminuição das diminuições realizadas pelos operadores através da alteração do processo de separação dos componentes. No sistema atual, em vez dos operadores necessitarem de se deslocar para entregar o material à produção no final da separação de cada WO, apenas no final da separação de uma SO é necessário realizar esta deslocação.

Dentro do próprio armazém ocorreu também a redução do número de movimentações. Os operadores passaram a realizar uma separação por SO, com um número de movimentações semelhantes à separação por WO, no entanto, de um volume de bicicletas muito superior.

Em relação às movimentações para entrega e devolução de componentes na produção, embora as deslocações até ao momento não poderem ser evitadas foram, em grande parte, transferidas para uma única pessoa. Esta alteração trouxe benefícios para a organização, uma vez que os operadores podem focar-se na montagem das bicicletas, sem ocorrer paragens devido à falta de abastecimento.

A transferência destas atividades para apenas uma pessoa, proporcionou uma definição perceptível das tarefas a realizar por cada operador. Por exemplo, enquanto que anteriormente no armazém havia 2/3 operadores responsáveis pela separação do material, atualmente cada um deles é responsável por diferentes tarefas (um operador tornou-se responsável pela separação por SO, e o outro pela desembalagem do material para a pré-montagem e separação individual por bicicleta para os PSs).

Outro objetivo que foi atingido com sucesso foram as reduções nas paragens ou atrasos da produção devido ao armazém não conseguir acompanhar o ritmo da produção. A Figura 64 mostra a evolução do número de bicicletas montadas diariamente, entre fevereiro e abril de 2019.

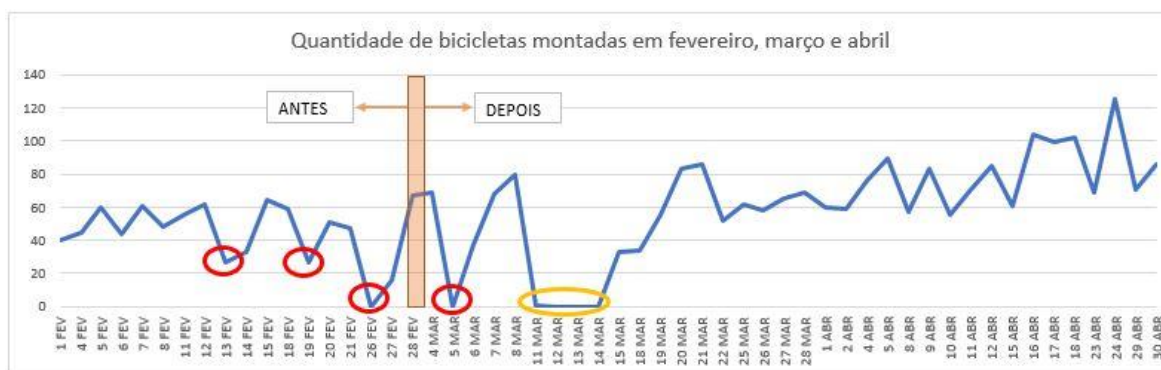


Figura 64 - Número de bicicletas montadas diariamente entre fevereiro e abril de 2019.

Através do gráfico é possível verificar que a ação de melhoria implementada no método de trabalho dos operadores trouxe benefícios notórios no que diz respeito ao aumento da capacidade produtiva. Como é possível verificar através dos círculos

identificados a vermelho no gráfico, ocorreu uma redução do número de paragens da produção devido a atrasos na separação de componentes no armazém.

Enquanto que em fevereiro, ocorreram 3 paragens na produção, em março este número decaiu para apenas uma vez. No mês de abril não foram registadas paragens devido a atrasos do processo de separação do armazém. É possível também verificar que no mês de março ocorreu uma paragem na produção, identificada a amarelo, mas por não existir encomendas das marca A.

Apesar de não ter sido possível a monitorização de dados concretos que comprovem esta afirmação, foi sentida uma redução significativa na quantidade de vezes em que ocorreram erros na distribuição de peças. Este facto deve-se à recontagem e verificação dos componentes antes de chegarem aos diferentes postos de trabalho, reduzindo a probabilidade de erros que levavam a paragens no processo de montagem e pré-montagem.

Por último, estas medidas implementadas com objetivo principal de aumentar a quantidade de bicicletas produzidas.

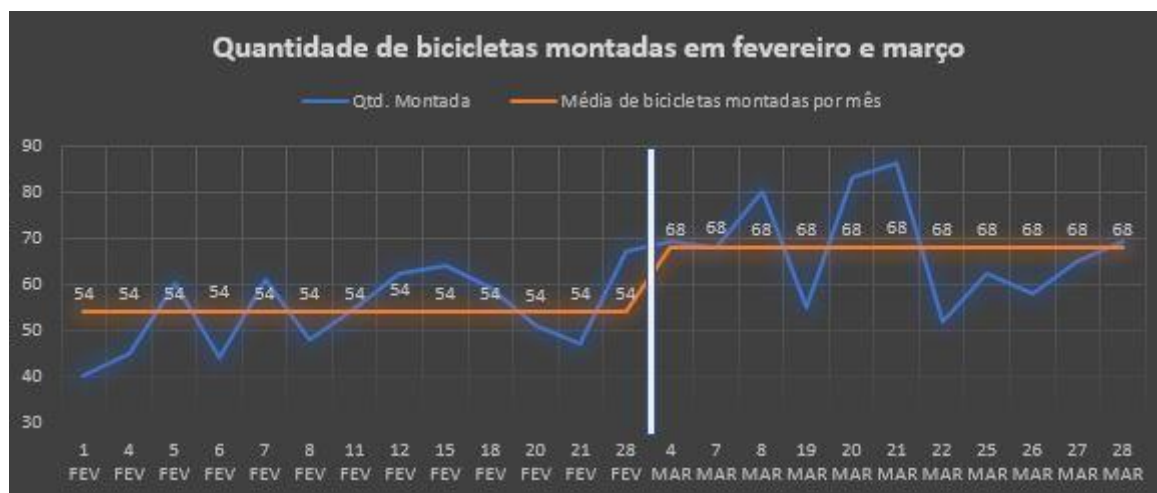


Figura 65 - Número de bicicletas montadas em dias de produção contínua.

No gráfico da Figura 65, a linha azul representa o número de bicicletas montadas por dia, desde o dia 1 de fevereiro até ao final de março de 2019.

Nos dias em que a produção foi inferior a 40 bicicletas e nos dias em que a diferença entre a produção e o planeamento foi superior a 40 bicicletas, não foram contabilizados. Esta situação deveu-se ao facto de a produção não ter sido contínua ao longo do dia, como ocorreu nos restantes casos.

Através da análise do gráfico, é possível verificar um aumento no número de bicicletas montadas diariamente ao longo do período analisado. Isto deve-se ao facto de

os operadores, gradualmente, se adaptarem aos novos métodos de trabalho, tornando-se cada vez mais eficientes com o decorrer do tempo e, conseqüentemente, mais produtivos.

É possível também verificar um aumento considerável na produção entre o mês de fevereiro de 2019 e o mês de março de 2019, ocorrendo um aumento de, em média, 54 bicicletas diárias para 68 bicicletas diárias, nos dias de produção contínua. Este aumento deveu-se, em grande parte, às alterações nos processos de separação e abastecimento dos diferentes postos, bem como na redução de desperdícios nos postos de montagem, que gerou um aumento do tempo dedicado a atividades de valor acrescentado.

### 3.5. Monitorização da produção

Um dos problemas identificados pelos responsáveis era a inexistência de informação e de dados concretos para realizar uma discussão real sobre os problemas no processo produtivo.

A monitorização da produção pode-se revelar muito importante para as empresas porque lhes permite analisar as condições reais da utilização dos seus ativos. Isto serve como auxílio para a tomada de decisão e para o planeamento da gestão dos recursos a curto prazo. Permite também fornecer uma visão operacional e real do que ocorre no chão de fábrica para a direção de topo.

Quando a monitorização é bem implementada, esta serve tanto para identificar situações onde devem ser desenvolvidas e implementadas melhorias, bem como para quantificar as melhorias implementadas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. Além disso, impede que as informações operacionais sejam adulteradas ou ocultadas.

Em relação à marca A, os únicos dados que estavam a ser retirados da produção para realizar a monitorização da produção eram a quantidade de bicicletas produzidas por dia e o número de operadores alocados à pré-montagem de quadros e nos PSs.

Inicialmente para começar esta monitorização foi definida a capacidade produtiva dos PSs. A capacidade destes postos varia de acordo com o número de operadores. Através das informações retiradas do estudo de tempos e da realização de novas contagens do tempo de ciclo do processo de montagem de uma bicicleta completa, concluiu-se que o tempo de ciclo deste processo era, em média, 25 minutos, verificando-se flutuações consideráveis nos tempos retirados.

Através desta informação, foi possível definir que cada operador deveria montar 2 bicicletas por hora. Logo, de acordo com os recursos humanos disponíveis, o planeamento orientar-se pelo valor obtido. Por exemplo, se existirem 5 operadores disponíveis, estes devem ser capazes de montar 10 bicicletas por hora, originando no total uma produção 80 bicicletas diárias.

De forma aos operadores compreenderem a quantidade de bicicletas que era esperada que eles montassem por dia e por hora, foi criada uma folha para os operadores dos PSs registarem o número de bicicletas montadas, como se pode ver na Figura 66.

|        |  |
|--------|--|
| Name : |  |
| Date:  |  |



| Hours |       | Plan | Reality | Model (RL, STC, GC) | Comments |
|-------|-------|------|---------|---------------------|----------|
| 08:00 | 09:00 | 2    |         |                     |          |
| 09:00 | 10:00 | 2    |         |                     |          |
| 10:10 | 11:00 | 2    |         |                     |          |
| 11:00 | 12:00 | 2    |         |                     |          |
| 12:00 | 12:30 | 1    |         |                     |          |
|       |       |      |         |                     |          |
| 13:30 | 14:30 | 2    |         |                     |          |
| 14:30 | 15:30 | 2    |         |                     |          |
| 15:30 | 16:30 | 2    |         |                     |          |
| 16:30 | 17:00 | 1    |         |                     |          |
| Total |       | 16   |         |                     |          |

Figura 66 – Folha de registo da produção.

Nesta folha, os operadores, para além de registarem o número de bicicletas produzidas por hora, registam o modelo dos velocípedes e ainda, caso não tenham conseguido atingir o que estava planeado, registam um breve comentário sobre as causas pelo qual não o atingiram.

Este controlo foi implementado com dois objetivos principais. O primeiro era a realização de um controlo de quantas bicicletas são montadas por hora e por operador. O segundo, era compreender os motivos pelos quais os operadores não estariam a conseguir atingir os objetivos pretendidos. Visto já se ter concluído que era possível montar duas bicicletas por hora, no caso do objetivo não ser cumprido, foi necessário compreender a causa raiz de forma a procurar a sua resolução.

De forma a prosseguir com a monitorização da produção, foi convocada uma reunião com os operadores dos PSs, onde lhes foi explicado o preenchimento da nova folha de registos.

Numa fase inicial, os operador manifestaram contestação e resistência por parte à implementação destes relatórios horários. No entanto, devido à perseverança e explicações constantes de como este relatório os iria ajudar, ao longo do tempo os



operadores foram compreendendo a forma como estes relatórios os poderiam ajudar, como um meio de expor os seus problemas diários.

O próximo passo foi a implementação de um quadro de análise de produção, localizado no corredor central entre a pré-montagem de centros pedaleiros e travões e os PSs, que sumariza a informação registada nas folhas de todos os operadores dos PSs.

Este quadro pretende mostrar de forma evidente para todos, a quantidade de bicicletas montadas por hora, se os objetivos foram atingidos em função do número de operadores disponíveis para trabalhar. A Figura 67 mostra o quadro implementado.

| DONE / PLANNED |          | DATA: 16/04        |            | MAPA PRODUÇÃO       |                      |
|----------------|----------|--------------------|------------|---------------------|----------------------|
| HORA INICIO    | HORA FIM | PLAN PERSON        | PLAN BIKES | BIKES ASSEMBLED     | COMMENTS             |
| 7:00           | 8:00     |                    |            |                     |                      |
| 8:00           | 9:00     | 6 <sup>12</sup> /8 | 14/14      | 12/12 <sup>-2</sup> | 2 people on training |
| 9:00           | 10:00    | 6 <sup>12</sup> /8 | 14/28      | 14/26 <sup>-2</sup> |                      |
| 10:00          | 11:00    | 6 <sup>12</sup> /8 | 14/42      | 13/39 <sup>-3</sup> | NEW MODEL            |
| 11:00          | 12:00    | 6 <sup>12</sup> /8 | 14/56      | 12/51 <sup>-5</sup> | 11                   |
| 12:00          | 12:30    | 6 <sup>12</sup> /8 | 6/62       | 9/60 <sup>-2</sup>  |                      |
| 13:00          |          |                    |            |                     |                      |

Figura 67 - Quadro de monitorização da produção do turno da manhã do dia 16/04/2019, para a marca A.

Na primeira e segunda coluna, são registadas as horas de trabalho em que os dados estão a ser contabilizados. Na terceira coluna, é registado o número de pessoas que estiveram a trabalhar entre aquelas horas, bem como o número de pessoas que estão a receber formação (representado a outra cor) e o número total de pessoas alocadas aos PSs.



Na quarta coluna, são registos o número de bicicletas que, de acordo com os recursos disponíveis, estão planeadas ser montadas naquela janela horária e o número acumulado de bicicletas planeadas a serem montadas desde o início do dia até à respetiva hora.

Na quinta coluna, está representado o número de bicicletas efetivamente montadas no intervalo de tempo representado nas colunas 1 e 2, sobre o número acumulado de bicicletas que foram montadas desde o início do dia até aquela determinada hora. Nesta mesma coluna, é ainda acrescentado, ligeiramente mais pequeno, a diferença entre o número total de bicicletas planeadas e o número total de bicicletas finalizadas, esta diferença representa um desvio que pode ser negativo, nulo ou positivo. Este diferencial é preenchido a vermelho se for negativo, a verde se for positivo e a azul caso seja nulo. A diferenciação nas cores pretende que, de forma rápida e visual, se perceba se a produção daquele dia está abaixo, superior ou exatamente como planeado.

Por último, a sexta coluna tem um cariz similar à coluna dos comentários das folhas representadas pela Figura 66. Nesta coluna, é suposto a responsável pelos PS e pela pré-montagem, caso o diferencial seja negativo, fazer um pequeno resumo das falhas que poderão ter levado a que não se tenha atingido o que estava planeado.

Esta monitorização foi fundamental no sentido em que auxilia o planeamento da produção, ajudando a definir as melhores quantidades de produção, de acordo com os recursos que serão utilizados.

De notar que objetivo máximo do projeto era atingir 80 bicicletas diariamente. Através deste sistema, foi possível obter informações a cada hora e verificar constantemente se o número de bicicletas produzido se encontra inferior, superior ou de acordo com o planeado.

Este sistema permitiu alterar a forma de como a produção é avaliada. Por exemplo, caso a produção de um dia de trabalho fosse de 64 bicicletas, esta seria classificada como negativa visto que o planeado eram 80 bicicletas. Atualmente, é analisado o número de operadores disponíveis por hora, que permite concluir que durante as 8 horas, trabalharam 4 operadores e cada um completou a montagem de 2 bicicletas por hora, cumprindo o objetivo diário.

Desta forma, a classificação da produção passou a ser mais objetiva. Ao não considerarmos os recursos humanos disponíveis, a empresa estava a retirar conclusões pouco fidedignas e, por esse motivo, levava à chefia a tomar decisões erradas.

Assim, a produção passou a orientar de acordo com o número de bicicletas montadas diariamente e por operador de acordo com o número de horas em que estão a operar nos PSs, e não o número total de bicicletas produzidas por dia.

Adicionalmente, através da identificação dos casos em que a produção está a ser inferior à planeada por hora, torna-se possível adotar medidas de prevenção para que o

*output* desse dia não seja tão negativo. Estas vantagens apenas são possíveis porque o controlo da produção passou a ser efetuado de hora em hora, e não apenas ao final do dia.

Para além do número de bicicletas totais produzidas por hora, sentiu-se a necessidade de monitorizar também outras variáveis importantes para o funcionamento contínuo da produção de bicicletas da marca A.

As paragens no processo de montagem de bicicletas, que impede o funcionamento contínuo dos PSs, deve-se à falta de componentes disponíveis para a montagem. Este problema pode ter origem diversas, no entanto destaca-se, os setores de pré-montagem das rodas, guiadores e selins, favorecerem a produção de outras marcas, ao invés da marca A, sendo este o mais frequente.

Para isso foi criado um quadro de forma a compreender o percurso do material até aos PSs.



Figura 68 – Percurso dos componentes desde o armazém até à embalagem.

Para evitar estas paragens, foi definido que cada um destes setores deveria ter um *buffer* de material suficiente para trabalhar durante uma hora sem parar, caso a secção anterior deixe de produzir. Por isso, para cada posto de trabalho foi definido um *stock* mínimo de segurança equivalente a uma hora de trabalho.

Com o objetivo de controlar e monitorizar foi criado um quadro que se encontra no chão de fábrica, onde estão representadas todas as áreas onde deve existir um *stock* intermédio referente à marca A.

Visto que foi definido um *stock* intermédio para uma hora, idealmente este quadro deveria ser atualizado de hora a hora. No entanto, devido a esse cenário envolver uma logística complexa, foi definido que durante o dia, deverão ser feitas 3 reuniões para a atualização do quadro. Assim os responsáveis de cada secção, 3 vezes por dia (10:00, 13:30 e às 17:00) fazem um controlo desse *stock* intermédio, e ainda analisam caso os valores sejam inferiores ao objetivo e apresentam soluções para recuperar os valores para os desejados.

| TARGET = 12 BIKES = 1 HOUR 6 PERSONS |                 |                  |                  |                  |           |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| (R.S)                                |                 | 10 <sup>00</sup> | 13 <sup>30</sup> | 17 <sup>00</sup> | COMMENTS  |
| GRAÇA                                | UNPACKING       |                  |                  |                  |           |
|                                      | - FRAMES        | 53               | 60               |                  |           |
|                                      | - FORKS         | 53               | 60               |                  |           |
| ANA                                  | HANDLEBARS      | 20               | 13               |                  |           |
| MEL                                  | WHEELS          | 20               | 10               |                  |           |
| CARINA                               | PRE ASSEMBLY    |                  |                  |                  |           |
|                                      | - HB            | 11               | 32               |                  |           |
|                                      | - WHEELS        | 0                | 9                |                  |           |
|                                      | - SMALL PARTS   | 20               | 35               |                  |           |
|                                      | - FORKS         | 12               | 15               |                  |           |
|                                      | - FRAME 1       | 11               | 20               |                  |           |
| CARINA                               | PERSONAL STANDS | 17/22<br>-5      | 37/47<br>-10     |                  | new model |
|                                      | - SETS          | 18               | 8                |                  |           |
| CARLA                                | PACKAGING       | 24               | 51               |                  |           |
|                                      | - SMALL BOXES   | 19               | 67               |                  |           |

Figura 69 - Quadro de stocks intermédios

Na primeira coluna do quadro, representado na Figura 69, estão identificados os responsáveis por cada secção, e são estes que registam as quantidades de *stock* intermédio da sua secção.

Na segunda coluna estão descritos todos os setores que possuem *stocks* intermédios.

A terceira, quarta e quinta coluna são onde são preenchidas as quantidades de peças que estão em espera em cada setor nas respectivas horas, 10:00, 13:30 e 17:00.

Por fim, a última coluna é dedicada a comentários. Caso os valores não sejam os pretendidos, é suposto nesta coluna deixar uma breve descrição do motivo pelo qual isso aconteceu. Muitas vezes, por falta de tempo esta última coluna não era preenchida, sendo os problemas comunicados durante as reuniões.

Através da Figura 69 é possível verificar que às 10:00 horas, não existem rodas no setor da pré-montagem de centros pedaleiros e montagens de travões, que é o setor que antecede os PSs. O outro local onde pode existir *stock* de rodas é na pré-montagem de rodas, onde podemos ver que se encontram 20 rodas da frente (quando se contam os *stocks* de rodas, estas são contadas aos pares, no entanto caso só haja rodas da frente ou rodas de trás isso deverá ser indicado no quadro). Isto significa que, dentro de pouco tempo, irão faltar rodas e assim, gerar uma paragem na produção dos PSs. Desta forma, na reunião das 10:00 é lançado um alerta de que a produção de rodas traseiras é prioridade até criar um *stock* mínimo de forma a assegurar 1 hora de produção dos PSs.

Esta monitorização obteve um impacto positivo uma vez que, tal como no exemplo explicado anteriormente, previne possíveis paragens na produção devido à falta de componentes. Este método, também cria um sentido de responsabilidade em cada setor, uma vez que todos trabalham no sentido de evitar que o seu setor seja o causador de uma paragem de produção. Desta forma existe uma convergência dos objetivos individuais com os objetivos estratégicos da organização.

### 3.5.1. Discussão dos resultados

A partir desta monitorização podemos beneficiar de informações que apoiam as tomadas de decisão.

Como é explicado anteriormente, a maioria das informações retiradas dos quadros são bastante úteis para aquele dia em específico. Essa informação é utilizada de forma a conseguir evitar paragens nos processos de montagem devido à falta de componentes.

Concluimos também que o número de trabalhadores que são alocados nos PSs é, salvo alguma margem, diretamente proporcional ao número de bicicletas montadas.

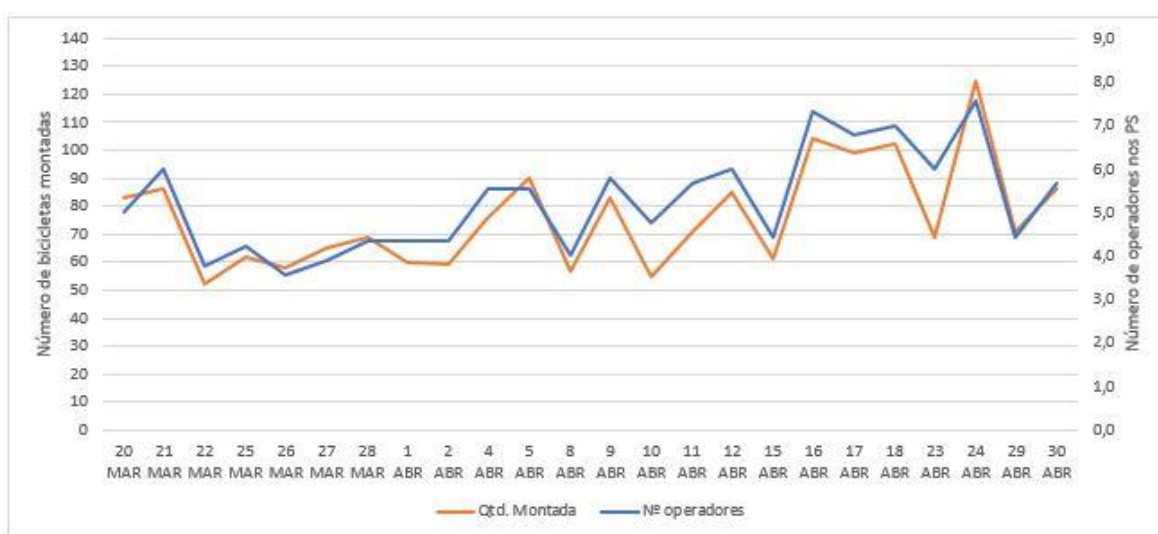


Figura 70 - Comparação do número de operadores com o número de bicicletas montadas por dia.

Como podemos ver na Figura 70 - Comparação do número de operadores com o número de bicicletas montadas por dia, na maioria destes dias o que acontece é que quando o número de operadores aumenta o número de bicicletas montadas também aumenta, quando acontece o inverso, o mesmo também se verifica.

Através da informação recolhida pelas folhas de registo, foi possível a elaboração dos gráficos apresentados na Figura 70 e na Figura 71.

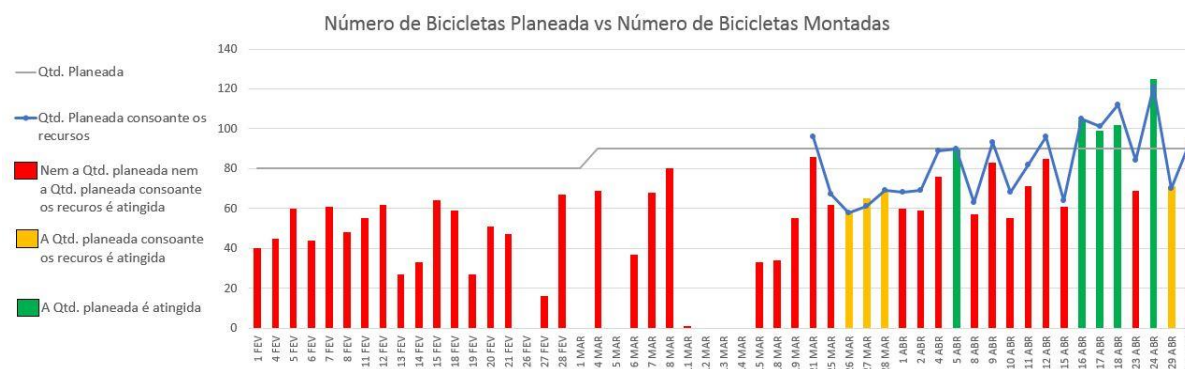


Figura 71 - Bicicletas planeadas vs bicicletas montadas.

Na Figura 71, estão representados todos os dias em que a marca A teve produção nos meses de fevereiro, março e abril. Cada barra representa o número de bicicletas montadas nesse respetivo dia de trabalho. A linha cinzenta representa a quantidade de bicicletas planeadas por dia. A linha azul indica o objetivo de produção, de acordo com os recursos disponíveis nos PSs.

As diferentes cores das barras têm diferentes significados. As barras verdes, significam que a produção real foi superior à produção planeada. As barras amarelas caracterizam os dias em que a produção foi superior ao objetivo de produção de acordo com os recurso disponíveis, no entanto, inferior à produção planeada. Por último, as barras vermelhas significam que nenhum dos objetivos anteriores foi atingido.

Neste gráfico podemos concluir que, o número de bicicletas montadas, está próximo do objetivo diário de acordo com os recursos disponíveis, apresentando um desvio médio de -5 bicicletas, no entanto, não significa que se deixe de monitorizar as razões pelas quais este desvio é gerado.

Por outro lado, apenas em 5 dos 55 dias de produção analisados através do gráfico, o número de bicicletas montado é superior à produção planeada, apresentando uma percentagem de 9%. Este é um valor bastante baixo, e longe do que é pretendido pela empresa. No entanto, verificou-se também, que em apenas 38% dos dias, foram alocados recursos suficientes para atingir os objetivos planeados.

Podemos assim concluir que um forte fator que influencia o facto de a fábrica não estar a atingir os objetivos de produção, é na maioria dos dias, não alocar recursos humanos suficientes para a montagem de bicicletas nos PSs.



## 4. Conclusões e propostas de trabalho futuro

O Lean *Manufacturing* foca-se na criação de valor acrescentado e na eliminação dos desperdícios ao longo da cadeia de valor.

Partindo do princípio de que nada é perfeito, então tudo necessita de melhorias constantes, promovendo o envolvimento de todos de forma a tornar o processo produtivo mais eficaz. O projeto desenvolvido, baseou-se na filosofia Lean e conclui-se que, de um modo geral, grande parte dos objetivos propostos foram atingidos.

### 4.1. Conclusões do projeto

O presente trabalho, vem reforçar o que já existe na literatura revelando a importância da implementação de ferramentas Lean. O estímulo desta forma de pensar e agir, incentiva a criatividade e o espírito de iniciativa por parte do grupo de trabalho, de modo a caminhar para uma melhoria contínua.

O trabalho desenvolvido e apresentado neste documento, teve como objetivo o aumento da capacidade produtiva dos PSs.

De modo a obter resultados positivos, foi necessário executar um balanceamento de todas as secções, de forma a obter tempos de ciclo semelhantes e criar um fluxo do material sem interrupções. Um processo balanceado utiliza eficientemente os recursos disponíveis e, consequentemente, reduz os custos de produção. Assim o investimento em equipamentos, o fluxo de materiais, o número de trabalhadores, entre outros, são melhor dimensionados.

Após o balanceamento, foram implementadas melhorias no processo de separação dos componentes. A separação em armazém passou a ser realizada por SO, e foi criado um novo posto de trabalho que realiza a separação por WO, para os PSs. Através destas implementações, foi possível melhorar o processo de separação, diminuir os tempos de ciclo do *picking*, bem como diminuir os erros na separação dos componentes. Estas alterações permitiram, além do que já foi referido, reduzir também o número movimentações realizadas pelos operadores do armazém, bem o tempo de ciclo do processo de separação dos componentes de cada WO.

Foram também realizadas alterações no processo de abastecimentos das secções de pré-montagem e dos PSs. Estas consistiram na padronização dos métodos de trabalho, do processo de abastecimento. Foram ainda reduzidas as movimentações dos operadores dos PSs, uma vez que foi nomeado um operador responsável pelo abastecimento dos mesmos.



Estas melhorias contribuíram para o aumento da capacidade produtiva, sendo verificado um aumento no número médio de bicicletas montadas por dia. Para além disso, estas alterações também contribuíram na criação de um fluxo contínuo, diminuindo a ocorrência de paragens na produção devido à falta de componentes.

Após a estabilização do processo, foi implementado um sistema de monitorização a produção. Tornou-se possível analisar com números reais de produção *in loco*, e ainda prever possíveis paragens por falta de componentes provenientes das diferentes pré-montagem. Para isso, foram colocados quadros de monitorização da produção. Um dos quadros torna visível a quantidade de bicicletas montadas por hora, bem como a quantidade de bicicletas planeadas, de acordo com os operadores disponíveis nos PSs. O segundo quadro tem como função controlar os *stocks* intermédios entre setores, tornando possível verificar se num futuro próximo irão faltar componentes em algum setor e tomar medidas preventivas para que tal não aconteça.

A monitorização, tal como ficou demonstrado neste caso prático, e de acordo com o que é defendido na literatura, aumenta a produtividade, auxilia a tomada de decisão uma vez que fornece dados estatísticos fidedignos e ainda controla as quantidades de *stock* intermédios.

Todas estas alterações tiveram um impacto positivo, para o aumento do número de bicicletas montadas por dia, que era o objetivo principal deste projeto. O número médio de bicicletas montadas diariamente passou de 54 para 81, desde fevereiro até abril de 2019. Apesar de em abril terem sido alocados mais operadores aos PSs, verificou-se matematicamente que se tivessem sido alocados os mesmo operadores que no mês de fevereiro, ainda teria ocorrido um aumento de 36%. Tendo em conta estes números, é possível considerar que o projeto cumpriu com os objetivos a que se propôs.

Concluindo, como já foi estudado por vários autores, tanto o balanceamento, como a criação de um fluxo de materiais contínuo e a monitorização da produção, são ferramentas extremamente úteis e que criam um impacto positivo na produtividade. No entanto, como é apresentado neste caso prático, a junção destas três técnicas pode ter resultados mais satisfatórios criando um impacto ainda maior na produtividade.

## **4.2. Trabalho futuro**

Como trabalho futuro, tal como é defendido pelo ultimo S da metodologia dos 5s é necessário manter o trabalho que tem vindo a ser feito de modo a não se perderem os bons hábitos que se têm vindo a criar. Especialmente na parte da monitorização, é importante continuar a registar os dados vindos da produção visto que a médio longo prazo será crucial ter toda a informação necessária para tomar decisões atempadas e acertadas.

Como passo seguinte é sugerido que se crie um sistema *Kanban* visual através de *andons*. O objetivo é reduzir as movimentações desnecessárias da responsável pela pré-montagem e pelos PSs, e ainda melhorar o processo de abastecimento dos PSs, diminuindo a ocorrência de falhas no abastecimento.

De forma a demonstrar como este sistema deveria funcionar, este foi modelado em 3D através do programa *Google SketchUp*.

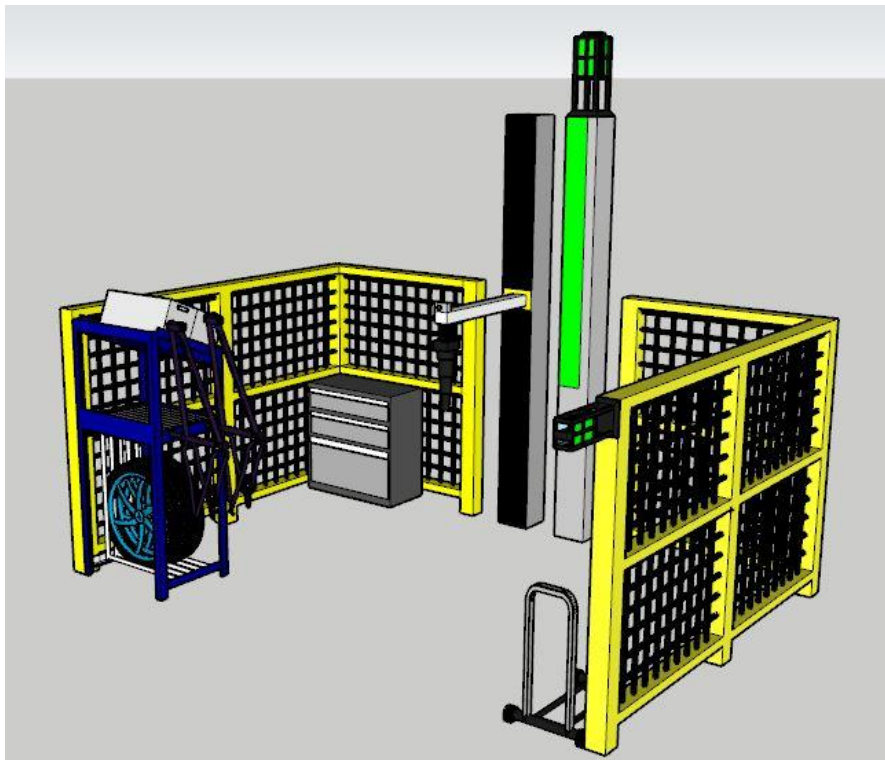


Figura 72 - Passo 1 do sistema *Kanban*.

É proposto, como se pode ver na Figura 72, que se coloque dois *andons* em cada PS. É sugerido também, que seja desenvolvido uma estante fixa, do género da que está representada a azul no lado esquerdo da figura, e ainda colocado um expositor fixo em cada PS. A estante deverá conter três prateleiras, uma delas dinâmica e inclinada para colocar as caixas com componentes; a segunda, também dinâmica, para colocar as caixas vazias; por fim, uma terceira prateleira adaptada para colocar rodas. Na estante, também deverá ser desenvolvido um suporte para segurar os quadros das bicicletas. Idealmente esta estante deverá funcionar apenas com espaço para armazenar *stock* de componentes, quadros e rodas para duas bicicletas. Isto gera um ritmo mais elevado na montagem de bicicletas.

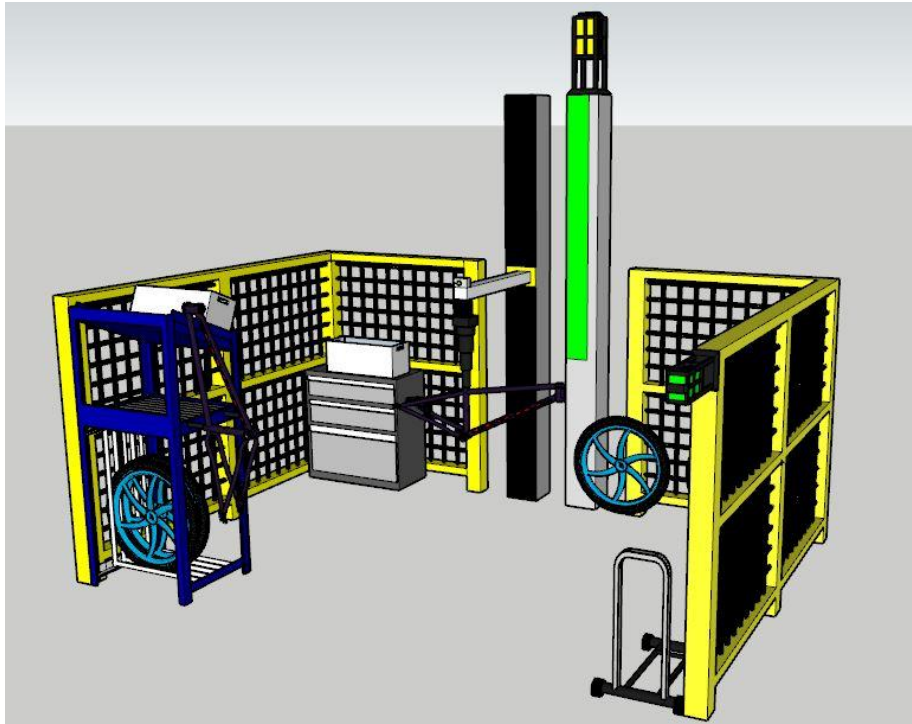


Figura 73 - Passo 2 do sistema *Kanban*.

O *andon* colocado no topo do PS, diz respeito ao abastecimento da estante. Quando o operador retira a primeira caixa com componentes, um quadro e as respectivas rodas, este deverá passar a amarelo, como é possível verificar na Figura 73. Este é um estado intermédio que indica à responsável pelo abastecimento que o operador está a proceder à montagem de uma bicicleta e que necessita de ser abastecido com componentes para uma bicicleta.

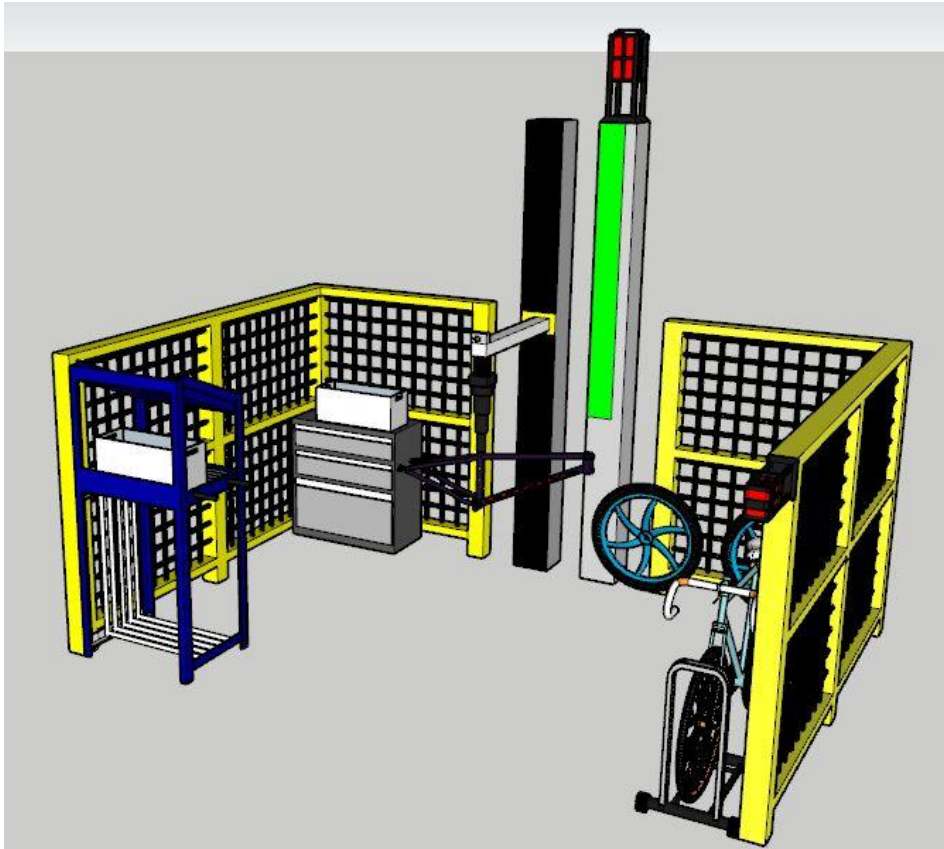


Figura 74 - Passo 3 do sistema Kanban.

Quando o operador passa à montagem da segunda bicicleta, o *andom* no topo do PS, passa a vermelha, indicando que ele está a ficar sem componentes e precisa urgentemente de abastecimento, agora de componentes para duas bicicletas.

Até ao final da data do projeto, não foi possível quantificar as vantagens relativas à implementação deste *andom*. No entanto, permite a eliminação de movimentações desnecessárias do operador que abastece os PSs, tornando-o mais eficiente e reduz a necessidade de comunicação verbal entre os operadores. Este sistema, também permite reduzir a probabilidade de ocorrência de paragem devido à falta de componentes.

Relativamente ao outro *andom* representado na figura, quando este está vermelho, significa que há uma bicicleta que precisa de ser encaminhada para a secção da embalagem. Normalmente, esta operação é feita pelo operador do PS devido à dificuldade que este tem de comunicar com o responsável pelo abastecimento. No entanto, através deste sistema torna-se possível esta operação poder ser transferida para o responsável do abastecimento, visto que torna-se visível a necessidade de transportar a bicicleta para o posto seguinte.

Esta alteração permite reduzir o tempo de ciclo do processo de montagem nos PSs em cerca de 40 segundos.

Um ganho de 40 segundos por bicicleta com 5 PSs operacionais, permite um ganho total de aproximadamente 53 minutos, por dia. Assim, com esta alteração a fábrica poderá proceder à montagem de 2 bicicletas adicionais diariamente. Ainda, com a implementação deste sistema, são eliminadas todas as movimentações dos operadores fora dos PSs.

## Referências Bibliográficas

- 2016 edition Industry & Market Profile. (2016).
- Algeddawy, T., & Elmaraghy, H. (2011). Design of single assembly line for the delayed differentiation of product variants, (2010), 163–182. <https://doi.org/10.1007/s10696-011-9074-7>
- Avikal, S., Jain, R., Mishra, P. K., & Yadav, H. C. (2013). Computers & Industrial Engineering A heuristic approach for U-shaped assembly line balancing to improve labor productivity q. *Computers & Industrial Engineering*, 64(4), 895–901. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.01.001>
- Carlucci, D., & Carlucci, D. (2010). Evaluating and selecting key performance indicators : an ANP-based model. <https://doi.org/10.1108/13683041011047876>
- Dolgui, A., & Battai, O. (2013). Int . J . Production Economics A taxonomy of line balancing problems and their solution approaches, 142, 259–277. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.10.020>
- Fernando, L. (n.d.). A UTILIZAÇÃO DE CONCEITOS DA PRODUÇÃO ENXUTA NA PEQUENO PORTE.
- Filip, F. (2011). *With Emphasis on the Integration of Three Technologies*.
- Graham, I., Goodall, P., Peng, Y., Palmer, C., West, A., Conway, P., ... Dettmer, F. U. (2015). Performance measurement and KPIs for remanufacturing. *Journal of Remanufacturing*. <https://doi.org/10.1186/s13243-015-0019-2>
- Hany Abd Elshakour M. Ali, Ibrahim A. Al-Sulaihi, K. S. A.-G. (2012). Indicators for measuring performance of building construction companies in Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, (KPI & performance), 10. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363912000074?via%3Dihub>
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994–1011. Retrieved from <http://10.0.4.84/01443570410558049>
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). Going lean.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production, 25, 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Industrial, E. (2014). Andreia Filipa Vilar Fonseca Balanceamento de linhas de montagem e aplicação de ferramentas Lean no contexto da Polisport.
- Kaplinsky, R., & Morris, M. (2000). A HANDBOOK FOR VALUE CHAIN An Important Health Warning or A Guide for Using this Handbook, (September).
- Kuhlang, P., Edtmayr, T., & Sihn, W. (2011). CIRP Journal of Manufacturing Science and

- Technology Methodical approach to increase productivity and reduce lead time in assembly and production-logistic processes. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(1), 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2011.02.001>
- Kumar, N., & Mahto, D. (2013). Assembly Line Balancing : A Review of, 13(2).
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services : The Case of Lean Product Development, 5–21.
- Luu, V. T., & Kim, S. (2008). PROJECT Improving project management performance of large contractors using benchmarking approach, 26, 758–769. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.10.002>
- Melton, T. (2005). What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, (June), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Neves, A. (2012). O USO DE I NDICADORES C HAVE.
- Porsche, G., Roos, D., & That, T. M. (1996). Beyond Toyota : How to Root Out Waste and Pursue Perfection, (October).
- Rother, M., & Harrys, R. (2002). *Creating Continuous Flow: An Action Guide for Managers, Engineers and Production Associates*. (I. Lean Enterprise Institute, Ed.). Mike Rother.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See value-stream mapping to create value and eliminate muda*.
- Sartal, A., Martinez-senra, A. I., & Cruz-machado, V. (2018). Are all lean principles equally eco-friendly ? A panel data study. *Journal of Cleaner Production*, 177, 362–370. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.190>
- Slack, N., & Johnston, R. (n.d.). *OperatiOns ManageMent*.
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect methodology cork stoppers production International in Costing models Trade-off do optimization de Industry Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Steel, N., & Members, P. T. (2000). Lean Manufacturing Principles Guide.
- Strategies, S. B. (2001). Start With the Customer why Push Strategies Ultimately Fail.
- Way, T. T., Excellence, U. O., Chapter, S. W., Became, H. T., Manufacturer, B., Story, T., ... Waste, E. (n.d.). Table of Contents Preface Part 1 : The World-Class Power of the Toyota Way Part 2 : The Business Principles of the Toyota Way.
- Witt, C. M., Sandoe, K., & Dunlap, J. C. (2018). 5S Your Life : Using an Experiential Approach to Teaching Lean Philosophy, 16(4), 264–280. <https://doi.org/10.1111/dsji.12167>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Wilson, J. (2017). Lean Thinking — Banish Waste and Create Wealth in your Corporation Book Selection texts on System Dynamics, 5682. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Yeow, P. H. P. (2011). Proving external validity of ergonomics and quality relationship

through review of real-world case studies, 49(4), 949–962.  
<https://doi.org/10.1080/00207540903555502>

Yeow, P. H. P., & Nath, R. (2003). Quality , productivity , occupational health and safety and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory, 32, 147–163. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(03\)00051-9](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(03)00051-9)